



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<<ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ  
ΤΟΜΕΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ  
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.>>

ΜΠΙΡΖΑΜΑΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ι. ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ  
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013

### Ευχαριστίες

Θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ.Αναγνωστόπουλο Ιωάννη για τη συνεχή καθοδήγηση και γενικότερα για τη συμπαράσταση, τις συμβουλές του και τη βοήθεια του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την εταιρία ΑΝΑΒΑΛΟΣ και συγκεκριμένα τον κ.Ποτού Κώστα, την εταιρία ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ και συγκεκριμένα τους κ.Παπουτσή Ιωάννη και κ.Γκουμίτσα Φώτη, την εταιρία ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ και συγκεκριμένα τον κ.Παπαντωνάτο Ηλία, την εταιρία ΛΙΟΦΑΓΟΣ ΡΟΗ και συγκεκριμένα τον κ.Λιοφάγο Γιώργο και την εταιρία ΑΦΟΙ ΠΟΛΙΤΗ και συγκεκριμένα τον κ.Πολίτη Δημήτριο για τη συνεργασία τους, τα στοιχεία που μου παρέίχαν, τις συμβουλές τους και το πολύτιμο χρόνο που μου αφιέρωσαν.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο βιομηχανικός τομέας κατασκευής αντλιών είναι αναπτυγμένος σε πάρα πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο, επειδή οι αντλίες αποτελούν απαραίτητο στοιχείο σε πληθώρα τεχνολογικών, τεχνικών εφαρμογών και διεργασιών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την διερεύνηση και την ανάλυση της παραγωγικής διαδικασίας των φυγοκεντρικών αντλιών που κατασκευάζει ο εγχώριος βιομηχανικός κλάδος.

Η υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας βασίστηκε στην συμβολή των ακόλουθων ελληνικών κατασκευαστικών εταιριών φυγοκεντρικών αντλιών, ΑΝΑΒΑΛΟΣ, ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ, ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ, ΛΙΟΦΑΓΟΣ ΡΟΗ, ΑΦΟΙ ΠΟΛΙΤΗ, η οποία έγινε δυνατή μετά από επικοινωνία με ιδιοκτήτες ή μηχανικούς των παραπάνω εταιριών με επανειλημμένες επισκέψεις στις εγκαταστάσεις τους. Στόχος ήταν η συγκέντρωση στοιχείων που αφορούν τις κατηγορίες κατασκευής αντλιών κάθε εταιρίας, τις χρήσεις και ποσοστά χρήσης τους, τις αιτίες και πιθανές βλάβες τους καθώς και τη διαδικασία κατασκευής και επισκευής τους. Τα ποσοστά χρήσης και βλαβών των φυγοκεντρικών αντλιών που παρουσιάζονται στη παρούσα διπλωματική εργασία προέκυψαν με επεξεργασία και ενοποίηση των στοιχείων που συλλέχθηκαν και δίνονται ως ποσοστό του συνολικού αριθμού παραγόμενων αντλιών. Τα διαγράμματα των διαδικασιών κατασκευής και επισκευής των αντλιών προέκυψαν έπειτα από την περιγραφή των διαδικασιών αυτών από ιδιοκτήτες και μηχανικούς των παραπάνω εταιριών.

Η διερεύνηση μας αυτή καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες καλύπτουν όλες τις κατηγορίες φυγοκεντρικών αντλιών. Η κάλυψη των απαιτούμενων εφαρμογών δεν αναφέρεται μόνο στην κατασκευή της απαιτούμενης αντλίας αλλά και στην πλήρη υποστήριξή της (επιλογή, εγκατάσταση, συντήρηση, επισκευή). Εν ολίγοις, όλες οι κατασκευαστικές εταιρίες φαίνεται ότι διαθέτουν πλήρη τεχνογνωσία των αντλιών που παράγουν, η οποία είναι ανεξάρτητη της παραγωγικότητας και του εύρους των κατηγοριών αντλιών.

## **ABSTRACT**

The industrial sector of pump manufacturing thrives in many countries globally, because they are an essential element in a multitude of technologies, techniques and processes.

This thesis aims to investigate and analyze the production process of centrifugal pumps manufactured by the domestic industry.

The implementation of this thesis was based on the contribution of the following Greek construction companies centrifugal pumps, ANAVALOS, DRAKOS-POLEMIS, PAPANTONATOS, LIOFAGOS ROE, AFOI POLITI, which became possible after contacting owners or mechanics of the above companies with recurring on-site visits. The aim was to gather data concerning the categories of pump manufacturing that every company applies, uses and usage rates, their causes and possible failures and the process of construction and repair. The rates of use and failure of centrifugal pumps presented in this thesis were obtained with processing and integrating data collected and given as a percentage of the total number produced pumps. The charts of manufacturing processes and repair of pumps emerged after the description of these processes by engineers and owners of these companies.

This investigation concludes that the Greek construction companies cover all types of centrifugal pumps. In order to meet the demands is required not only the construction of the required pump but also the full support of it (selection, installation, maintenance, repair). In short, all the manufacturers seem to have full knowledge of pumps production, which is independent of the productivity and the breadth of the pumps categories.

Regarding the size of the Greek construction companies, there are companies with great productivity and small range of pumps categories, companies with low productivity and great range of pump categories and companies with low productivity and small range of pump categories. The main factors that determine the range of classes and the productivity of pumps manufactured by a company is the know-how, customers, the economic opportunity and investment risk investment.

<b>Περιεχόμενα</b>	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ .....	10
1.1 Γενικά.....	10
1.2 Παροχή.....	10
1.3 Μανομετρικό ύψος.....	10
1.4 Ισχύς.....	12
1.5 Βαθμοί απόδοσης .....	13
1.6 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας.....	14
1.7 Χαρακτηριστικές επιφάνειες .....	17
1.8 Πλήρεις χαρακτηριστικές καμπύλες .....	18
1.9 Νόμοι ομοιότητας.....	20
1.10 Ειδικός αριθμός στροφών .....	21
1.11 Τρόχισμα της πτερωτής .....	24
1.12 Επιλογή αντλίας.....	26
1.13 Σπηλαίωση.....	27
1.14 Μηχανική και χημική διάβρωση .....	28
1.15 Δείκτης NPSH .....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ .....	30
2.1 Γενικά.....	30
2.2 Αντλίες ακτινικής ροής .....	31
2.2.1 Αρχή λειτουργίας .....	31
2.2.2 Τα βασικά μέρη μίας φυγόκεντρου αντλίας .....	32
2.3 Αντλίες αξονικής ροής .....	33
2.4 Αντλίες μικτής ροής .....	33
2.5 Στροβιλαντλίες .....	36
2.6 Ειδικές αντλίες .....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΟΡΦΗ ΤΟΥΣ.....	39
3.1 Γενικά.....	39
3.2 Περίβλημα αντλιών .....	40

3.2.1	Αντλίες με περίβλημα σταθερών πτερυγίων.....	40
3.2.2	Αντλίες με σπειροειδές κέλυφος.....	41
3.2.3	Αντλίες με περίβλημα μικτού τύπου.....	42
3.3	Είσοδος αντλιών.....	42
3.3.1	Αντλίες Απλής Εισόδου.....	43
3.3.2	Αντλίες Διπλής Εισόδου.....	44
3.4	Πτερωτή αντλιών.....	44
3.4.1	Η Κλειστή Πτερωτή.....	45
3.4.2	Η Ημίκλειστη Πτερωτή.....	45
3.4.3	Η Ανοικτή Πτερωτή.....	46
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΤΟΥΣ.....</b>		<b>47</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ.....</b>		<b>50</b>
5.1	Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης.....	50
5.2	Αντλίες Μη Αυτόματης Αναρρόφησης.....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....</b>		<b>53</b>
6.1	Γενικά.....	53
6.2	Αντλίες με σταθερή έδραση.....	54
6.2.1	Οριζόντιες αντλίες.....	54
6.2.2	Κατακόρυφες αντλίες.....	54
6.3	Αντλίες μη σταθερής έδρασης.....	55
6.3.1	Γενικά.....	55
6.3.2	Αντλίες IN-LINE.....	56
6.4	Αντλίες υγρής εγκατάστασης.....	56
6.4.1	Γενικά.....	56
6.4.2	Καταδύμενες αντλίες.....	57
6.4.3	Υποβρύχιες αντλίες.....	59
6.5	Αντλίες επιφάνειας.....	61
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΦΥΤΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ.....</b>		<b>62</b>
7.1	Γενικά.....	62
7.2	Ηλεκτροκίνητες αντλίες.....	63
7.3	Αντλίες με μηχανή εσωτερικής καύσης.....	66
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....</b>		<b>68</b>
8.1	Εισαγωγή.....	68
8.2	Ποσοστά κατασκευής αντλιών.....	70

8.3	Μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας.....	72
8.3.1	Περιγραφή.....	72
8.3.2	Εύρος λειτουργίας.....	72
8.3.3	Υλικά κατασκευής .....	78
8.3.4	Χρήσεις και ποσοστά χρήσεων.....	80
8.4	Πολυβάθμιες αντλίες επιφανείας .....	81
8.4.1	Περιγραφή.....	81
8.4.2	Εύρος λειτουργίας.....	82
8.4.3	Υλικά κατασκευής .....	88
8.4.4	Χρήσεις και ποσοστά εφαρμογών .....	88
8.5	Αντλίες IN-LINE, κυκλοφορητές .....	89
8.5.1	Περιγραφή.....	89
8.5.2	Εύρος λειτουργίας.....	90
8.5.3	Υλικά κατασκευής .....	94
8.5.4	Χρήσεις και ποσοστά χρήσεων.....	95
8.6	Υποβρύχιες αντλίες γεωτρήσεων .....	97
8.6.1	Περιγραφή.....	97
8.6.2	Εύρος λειτουργίας.....	98
8.6.3	Υλικά κατασκευής .....	101
8.6.4	Χρήσεις .....	102
8.7	Υποβρύχιες αντλίες λυμάτων .....	103
8.7.1	Περιγραφή.....	103
8.7.2	Εύρος λειτουργίας.....	105
8.7.3	Υλικά κατασκευής .....	107
8.7.4	Χρήσεις .....	107
8.8	Στροβιλοφόρες αντλίες.....	108
8.8.1	Περιγραφή.....	108
8.8.2	Εύρος λειτουργίας.....	109
8.8.3	Υλικά κατασκευής .....	110
8.8.4	Χρήσεις .....	110
8.9	Αντλίες αξονικής και μικτής ροής .....	111
8.9.1	Περιγραφή.....	111
8.9.2	Εύρος λειτουργίας.....	112
8.9.3	Υλικά κατασκευής .....	113
8.9.4	Χρήσεις .....	113
8.10	Αντλίες στελέχους .....	114
8.10.1	Περιγραφή.....	114

8.10.2	Εύρος λειτουργίας.....	115
8.10.3	Υλικά κατασκευής .....	115
8.10.4	Χρήσεις και ποσοστά χρήσεων.....	115
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ .....		116
9.1	Δυνατότητες κατασκευαστικών εταιριών .....	116
9.2	Στάδια παραγωγικής διαδικασίας.....	118
9.3	Διαγράμματα ροής παραγωγικής διαδικασίας .....	123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΒΛΑΒΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ .....		129
10.1	Εισαγωγή .....	129
10.2	Ενέργειες προληπτικής συντήρησης .....	129
10.3	Αιτίες βλαβών και πιθανές βλάβες .....	132
10.3.1	Λανθασμένη μεταχείριση χρηστών .....	132
10.3.2	Αιτίες βλαβών .....	134
10.3.3	Πιθανές βλάβες .....	136
10.4	Επιδιόρθωση βλαβών .....	138
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		143
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....		145



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντλίες, ονομάζονται οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για να μετακινούν υγρά και να προσθέτουν ενέργεια σ' αυτά. Κατά την λειτουργία της μία αντλία, πραγματοποιεί μετατροπή της διαθέσιμης μηχανικής ενέργειας του κινητήρα σε δυναμική και κινητική ενέργεια του υγρού που διακινεί.

Ο βιομηχανικός τομέας κατασκευής αντλιών είναι αναπτυσσόμενος σε πάρα πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο, επειδή οι αντλίες αποτελούν απαραίτητο στοιχείο σε πληθώρα τεχνολογικών, τεχνικών εφαρμογών και διεργασιών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο τη παρουσίαση και τη διερεύνηση των φυγοκεντρικών αντλιών ελληνικής κατασκευής. Επίσης, αναλύονται τα βασικά στάδια κατασκευής και υποστήριξη πελατών των αντλιών αυτών από τις ελληνικές εταιρίες.

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας έγινε χάρη στην ουσιαστική συμβουλή των ακόλουθων εταιριών, ΑΝΑΒΑΛΟΣ, ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ, ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ, ΛΙΟΦΑΓΟΣ ΡΟΗ, ΑΦΟΙ ΠΟΛΙΤΗ, οι οποίες παρέχουν τα στοιχεία για την ανάλυση των αντλιών τους και προσέφεραν τον πολύτιμο χρόνο των μηχανικών τους για συχνή επικοινωνία και συζήτηση. Η διαμόρφωση των ποσοστών παραγωγής, χρήσεων και βλαβών των αντλιών, προέκυψε από συλλογή εμπειρικών δεδομένων των ιδιοκτητών και μηχανικών των παραπάνω εταιριών και επεξεργασία (ενοποίηση και αναλογικοποίηση) σύμφωνα με τον αριθμό παραγόμενων αντλιών της κάθε εταιρίας.

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε δύο μέρη, το θεωρητικό και το ερευνητικό. Το Θεωρητικό μέρος αποτελείται από επτά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται τα βασικά μεγέθη και οι βασικές χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας των φυγοκεντρικών αντλιών. Στα επόμενα έξι κεφάλαια ταξινομούνται και περιγράφονται οι φυγοκεντρικές αντλίες ως προς διάφορα κριτήρια κατηγοριοποίησης τους.

Το ερευνητικό μέρος αποτελείται από τρία κεφάλαια (Κεφάλαιο 8, Κεφάλαιο 9, Κεφάλαιο 10).

Στο Κεφάλαιο 8, παρουσιάζονται οι φυγοκεντρικές αντλίες ελληνικής κατασκευής, πραγματοποιείται ανάλυση του εύρους λειτουργίας και των χαρακτηριστικών καμπυλών τους. Επίσης, αναλύονται τα υλικά κατασκευής τους ανάλογα με το είδος της αντλίας και την εφαρμογή. Τέλος, αναφέρονται οι χρήσεις για τις οποίες προορίζεται η κάθε αντλία και τα ποσοστά χρήσης κάθε κατηγορίας σε κάθε πεδίο εφαρμογής.

Στο Κεφάλαιο 9, αναλύονται οι παράγοντες που καθορίζουν το εύρος κατηγοριών αντλιών και τη παραγωγικότητα των κατασκευαστικών εταιριών. Επίσης, αναλύονται τα βασικά στάδια παραγωγής αντλιών.

Τέλος στο Κεφάλαιο 10, παρουσιάζονται οι τρόποι προληπτικής συντήρησης που εφαρμόζονται από τις κατασκευαστικές εταιρίες, οι συνήθεις αιτίες και οι πιθανές βλάβες που παρατηρούνται σε αντλητικά συγκροτήματα, και τα βασικά στάδια επιδιόρθωσης των βλαβών αυτών.

Τα γενικά συμπεράσματα της εργασίας συγκεντρώνονται στο τελευταίο Κεφάλαιο 11.

## **ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

## 1.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη, τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας και διαγράμματα και τους βασικούς νόμους που διέπουν τις φυγοκεντρικές αντλίες. Επίσης θα υπάρξει αναφορά στο φαινόμενο της σπηλαίωσης.

Η παροχή, το μανομετρικό ύψος, η απορροφούμενη ισχύς και ο βαθμός απόδοσης μίας αντλίας αποτελούν τα μεγέθη που τη χαρακτηρίζουν και για τον λόγο αυτό ονομάζονται χαρακτηριστικά μεγέθη της αντλίας.

## 1.2 Παροχή

Παροχή της αντλίας ονομάζεται η ποσότητα (όγκος) υγρού που αποδίδεται στο στόμιο κατάθλιψης στη μονάδα του χρόνου. Το μέγεθος αυτό αποτελεί ίσως το σημαντικότερο από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά μεγέθη, διότι προσδιορίζει τις ανάγκες του χρήστη και προϋδεάζει τον μελετητή για το κατά προσέγγιση μέγεθος της αντλίας.

Η μονάδα μέτρησης της παροχής στο SI είναι  $m^3/s$ , όμως οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες μονάδες είναι  $m^3/h$  ή  $l/s$ .

Παρακάτω αναλύονται ορισμένες ειδικές έννοιες της παροχής:

- *Κανονική παροχή*, ονομάζεται η παροχή στην οποία παρουσιάζεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης.
- *Ονομαστική παροχή*, ονομάζεται η παροχή για την οποία παραγγέλλεται μία αντλία και ισχύει για τη λειτουργία στην ονομαστική ταχύτητα περιστροφής, στο ονομαστικό ύψος και για το αναγραφόμενο στην παραγγελία αντλούμενο υγρό.
- *Ελάχιστη παροχή*, ονομάζεται η ελάχιστη επιτρεπόμενη παροχή λειτουργίας της αντλίας ώστε να μην υποστεί βλάβη.
- *Μέγιστη παροχή*, ονομάζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή λειτουργίας της αντλίας ώστε να μην υποστεί βλάβη.

## 1.3 Μανομετρικό ύψος

Στα υγρά η ανά μονάδα μάζας ολική ενέργεια δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$E = (P/\rho) + (C^2)/2 + gz$$

Όπου:

- ο όρος  $(P/\rho)$  εκφράζει τη ενέργεια λόγω πίεσης.
- ο όρος  $(C^2)/2$  εκφράζει την κινητική ενέργεια.
- ο όρος  $gz$  εκφράζει την ενέργεια λόγω βαρύτητας.

Κατά παράδοση στις αντλίες η ολική ενέργεια του υγρού εκφράζεται σε  $m \Sigma Y$  και δίνεται από τη σχέση:

$$H = (P/\rho * g) + (C^2)/2g + z$$

Μανομετρικό ύψος, καλείται η ανά μονάδα μάζας ενέργεια που παραλαμβάνει το υγρό από την αντλία και εκφράζεται σε m ΣΥ. Το μανομετρικό ύψος ορίζεται ως η διαφορά της ολικής ενέργειας (σε m ΣΥ) της μονάδας μάζας του υγρού μεταξύ της διατομής κατάθλιψης και της διατομής αναρρόφησης, δηλ:

$$H = (P_a / \rho * g) + C_a^2 / 2g + z_a - ( (P_e / \rho * g) + C_e^2 / 2g + z_e )$$

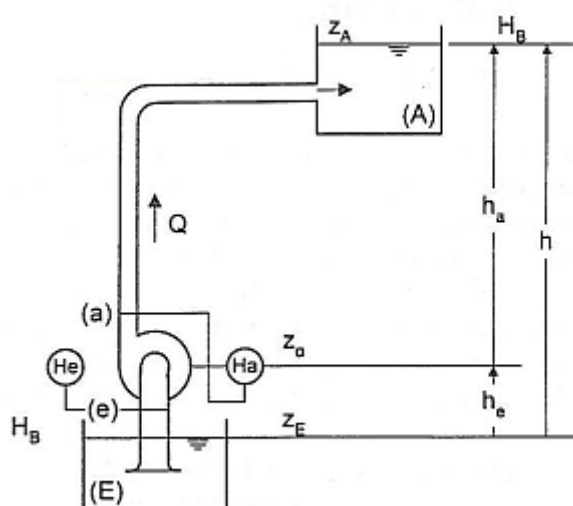
όπου, με δείκτη a συμβολίζεται η διατομή κατάθλιψης και με δείκτη e η διατομή αναρρόφησης.

Επειδή, στις συνήθεις αντλίες παρότι η ταχύτητα στη διατομή είναι μεγαλύτερη από τη ταχύτητα στη διατομή εξόδου, δηλ  $C_a > C_e$ , η διαφορά των κινητικών ενεργειών  $(C_a^2 - C_e^2) / 2g$  είναι μικρή και αμελείται.

Οπότε, το μανομετρικό ύψος της αντλίας θα είναι :

$$H = (P_a - P_e / \rho * g) + (z_a - z_e)$$

Στην περίπτωση μίας συνηθισμένης αντλητικής εγκατάστασης όπως αυτή του παρακάτω σχήματος, όπου η αντλία χρησιμοποιείται για τη διακίνηση υγρού μεταξύ μίας δεξαμενής αναρρόφησης (E) και μίας δεξαμενής κατάθλιψης (A), οι οποίες βρίσκονται στην ίδια στατική πίεση (ατμοσφαιρική πίεση  $H_B$ ) και η δεξαμενή κατάθλιψης ( $Z_A$ ) βρίσκεται σε μεγαλύτερη στάθμη από αυτή της δεξαμενής αναρρόφησης ( $Z_E$ ).



Σχ.1.1 Σχηματική διάταξη απλής αντλητικής εγκατάστασης [Παπαντώνης,2002]

Γεωμετρικά ύψη αναρρόφησης  $h_e$  και κατάθλιψης  $h_a$  ορίζονται αντίστοιχα:

$$h_e = Z_a - Z_E$$

$$h_a = Z_A - Z_a$$

Γεωμετρικό ύψος ανύψωσης ορίζεται:

$$h = Z_A - Z_E = h_e + h_a$$

δηλαδή, η υψομετρική διαφορά μεταξύ της δεξαμενής κατάθλιψης και δεξαμενής αναρρόφησης.

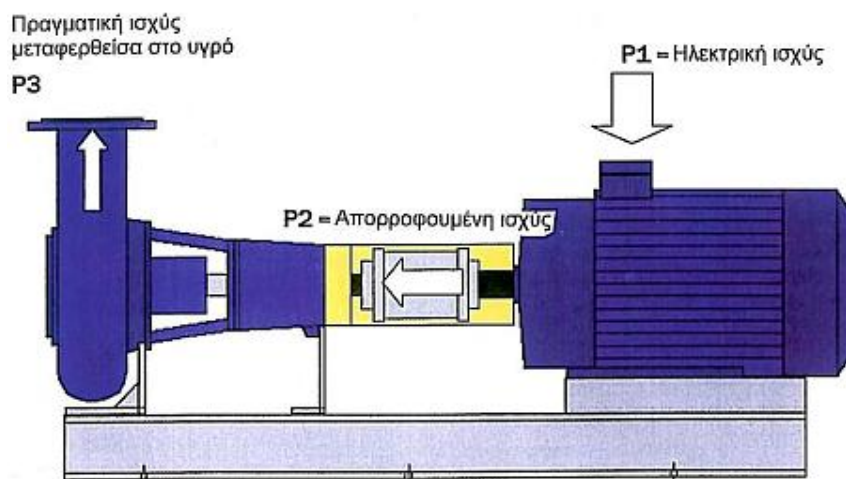
Σημειώνεται ότι η παραπάνω περίπτωση αναφέρεται σε ανοικτά κυκλώματα, δηλαδή σε κυκλώματα όπου οι δεξαμενές βρίσκονται στην ίδια στατική πίεση. Σε περίπτωση όπου υπάρχει διαφορά στατικών πιέσεων μεταξύ των δεξαμενών αναρρόφησης και κατάθλιψης στο γεωμετρικό ύψος ανύψωσης θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και ο όρος  $(P_A - P_E) / \rho * g$ .

#### 1.4 Ισχύς

Σε μία ηλεκτραντλία, διακρίνονται τρεις τύποι ισχύος,:

- *Ηλεκτρική ισχύς*, απορροφούμενη από τον κινητήρα.
- *Απορροφούμενη ισχύς (N)*, η οποία είναι η ισχύς που μεταβιβάζεται στον άξονα και δίνεται από τη σχέση  $N = M * \omega$ , όπου M η στρεπτική ροπή στον άξονα και  $\omega$  η γωνιακή ταχύτητα του άξονα.
- *Αποδιδόμενη ισχύς (Ni)*, η οποία είναι η ισχύς που μεταβιβάζεται στο υγρό και δίνεται από τη σχέση  $N_i = \gamma * Q * H$ .

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.1.2), απεικονίζει τη μεταφορά ισχύος σε μία ηλεκτραντλία.



Σχ.1.2 Μεταφορά ισχύος σε ηλεκτραντλία. [Φελώνης,2009"]

Η αποδιδόμενη ισχύς στο υγρό είναι μικρότερη από την απορροφούμενη ισχύ που μεταβιβάζεται στον άξονα της αντλίας, λόγω ορισμένων απωλειών. Οι απώλειες αυτές είναι οι εξής:

- Υδραυλικές απώλειες, όπου πρόκειται για ενεργειακές απώλειες της ροής δια μέσου της αντλίας ( $\delta h$ ), εξαιτίας απωλειών τριβής στις σωληνώσεις και απώλειες αποκόλλησης της ροής. Οπότε ισχύει,  

$$H_u = H + \delta h$$
- Ογκομετρικές απώλειες, οι οποίες οφείλονται στο γεγονός ότι ένα μέρος της παροχής ( $\delta Q$ ), που διέρχεται από τη πτερωτή ( $Q_u$ ) δεν εξέρχεται από την αντλία, αλλά επιστρέφει μέσω του διακένου (πτερωτής- περιβλήματος) στη πτερωτή. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ της διατομής εξόδου και της διατομής εισόδου της αντλίας. Μετά την επιστροφή της, η ποσότητα αυτή της παροχής ανακυκλοφορεί και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται συνεχώς. Οπότε ισχύει,  $Q_u = Q + \delta Q$ .
- Μηχανικές απώλειες, οι οποίες οφείλονται στο γεγονός ότι ένα μέρος της ενέργειας που απορροφάται από την αντλία ( $N$ ) δαπανάται για την υπερνίκηση των απωλειών τριβής ( $N_m$ ), των στρεφόμενων μερών της αντλίας (εδράνων, στυπιοθλιπτών, στρεφόμενου δίσκου). Οπότε ισχύει,  

$$N = N_u + N_m$$

Αξίζει να τονίσουμε ότι, η χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος η οποία παρέχεται από τους κατασκευαστές αναφέρεται στην απορροφούμενη ισχύ ( $N$ ). Η ονομαστική ισχύς του κινητήρα είναι μεγαλύτερη από την απορροφούμενη ισχύ, κατά ένα ποσοστό το οποίο ονομάζεται ασφάλεια. Το ποσοστό αυτό αυξάνεται ανάλογα με το μέγεθος της αντλίας και κυμαίνεται μεταξύ 10%- 40%. Σε περιπτώσεις όπου προβλέπονται μεγάλες μεταβολές της παροχής, η ονομαστική ισχύς του κινητήρα πρέπει να επιλέγεται για τη μεγαλύτερη δυνατή παροχή της αντλίας.

### 1.5 Βαθμοί απόδοσης

Αφού αναλύσαμε τις απώλειες που εμφανίζονται στο μέρος της αντλίας, καθώς και αυτές που εμφανίζονται σε μία αντλητική μονάδα, μπορούμε να ορίσουμε τους βαθμούς απόδοσης.

Όσο αφορά την αντλία, ορίζονται εξαιτίας των απωλειών μεταξύ της απορροφούμενης και της αποδιδόμενης ισχύος, οι οποίες αναλύθηκαν παραπάνω, οι εξής βαθμοί απόδοσης:

- *Ογκομετρικός βαθμός απόδοσης*, ο οποίος ισούται με  $\eta_Q = Q/Q_u$ .
- *Υδραυλικός βαθμός απόδοσης*, ο οποίος ισούται με  $\eta_h = H/H_u$ .
- *Μηχανικός βαθμός απόδοσης*, ο οποίος ισούται με  $\eta_m = N_u/N$ .

Ο ολικός βαθμός απόδοσης της αντλίας ισούται με τον λόγο της αποδιδόμενης ισχύος στο ρευστό, προς την αποδιδόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας, δηλαδή:

$$\eta_{ολ} = N_u / N = (\gamma \cdot H \cdot Q) / N \iff N = (\gamma \cdot H \cdot Q) / \eta_{ολ}$$

$$\text{όμως, } N = N_u / \eta_m = (\gamma \cdot H_u \cdot Q_u) / \eta_m = (\gamma \cdot H \cdot Q) / (\eta_m \cdot \eta_h \cdot \eta_Q)$$

Οπότε, ο ολικός βαθμός απόδοσης της αντλίας ισούται με το γινόμενο των επίμερους βαθμών αποδόσεων, δηλαδή:

$$\eta_{ολ} = \eta_Q \cdot \eta_h \cdot \eta_m$$

Από τους τρεις αυτούς βαθμούς απόδοσης, ο ογκομετρικός και ο μηχανικός εξαρτώνται ελάχιστα από τη διακινούμενη παροχή για σταθερή ταχύτητα περιστροφής, ενώ ο υδραυλικός βαθμός απόδοσης μεταβάλλεται έντονα για μεταβολή της διακινούμενης παροχής. Επιπλέον, ο ογκομετρικός και ο μηχανικός βαθμός απόδοσης παρουσιάζουν υψηλές τιμές. *Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι ότι το σημείο μέγιστου βαθμού υδραυλικού απόδοσης συμπίπτει με πολύ καλή προσέγγιση με το σημείο ολικού βαθμού απόδοσης της αντλίας.*

Όσον αφορά τον ολικό βαθμό απόδοσης μίας ηλεκτραντλίας ( $n_{tot}$ ), ισούται με τον λόγο της αποδιδόμενης ισχύος στο ρευστό προς την ηλεκτρική ισχύ που απορροφά ο κινητήρας, δηλαδή:

$$n_{tot} = N_i / P_{ηλ}$$

Επειδή, ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα ισούται με  $n_{ηλ} = N / P_{ηλ}$  και ο βαθμός απόδοσης της αντλίας με  $n_{ολ} = N_i / N$ , προκύπτει ότι ο ολικός βαθμός απόδοσης της ηλεκτραντλίας ισούται με το γινόμενο του βαθμού απόδοσης του κινητήρα και του βαθμού απόδοσης της αντλίας, δηλαδή:

$$n_{tot} = n_{ηλ} * n_{ολ}$$

## **1.6 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας**

Μία αντλία κατασκευάζεται για ορισμένη παροχή (Q) και ορισμένο μανομετρικό ύψος (H). Όταν όμως μία αντλία εγκατασταθεί σε ένα αντλητικό συγκρότημα δεν θα εργάζεται κατ'ανάγκη με τις συνθήκες για τις οποίες έχει κατασκευαστεί. Ως παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι ο σωλήνας κατάθλιψης καταλήγει στον πυθμένα μίας δεξαμενής αποθήκευσης του υγρού. Κατά τη λειτουργία της αντλίας η στάθμη του υγρού ανέρχεται συνεχώς, δηλαδή μεταβάλλεται το H, με αντίστοιχη μεταβολή του Q, ενώ η ταχύτητα περιστροφής της αντλίας διατηρείται σχεδόν σταθερή.

Επομένως, για την εγκατάσταση μίας αντλίας εκτός από τις παραμέτρους  $Q_n$ ,  $H_n$ ,  $N_n$  σε  $n$  αριθμό στροφών, πρέπει να είναι γνωστή και η συμπεριφορά τους όταν οι συνθήκες λειτουργίας μεταβάλλονται.

Για το καθορισμό των υδραυλικών χαρακτηριστικών μίας αντλίας μετράται το ύψος κατάθλιψης, όταν μεταβάλλεται η παροχή με στραγγαλισμό της ροής στον σωλήνα κατάθλιψης, ενώ ο αριθμός των στροφών παραμένει σταθερός.

Η μεταβολή αυτή εκφράζεται με τη σχέση:

$$H=f(Q)$$

Η καμπύλη της εξίσωσης αυτής, ονομάζεται *χαρακτηριστική καμπύλη ύψους-παροχής* (H-Q).

Επίσης, μετρώντας την ισχύ που καταναλώνει ο κινητήρας, είναι εφικτό να υπολογιστεί η ισχύς που μεταβιβάζεται στον άξονα της αντλίας  $N$  και ο βαθμός απόδοσης της  $n_{ολ}$ , εφόσον είναι γνωστός ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα. Με τον τρόπο αυτό καθορίζονται δύο πειραματικές καμπύλες:

$$N=f(Q)$$

και

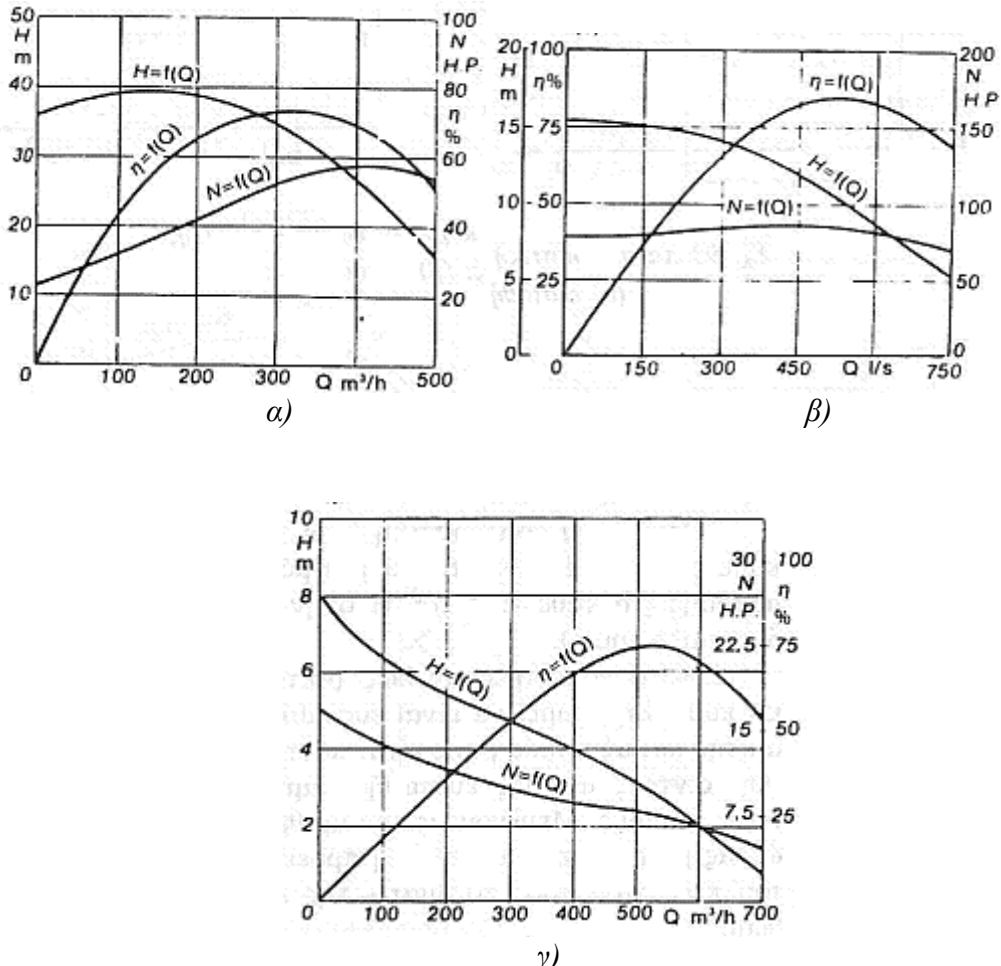
$$n_{ολ}= f(Q)$$

Οι καμπύλες των εξισώσεων αυτών ονομάζονται, *χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος-παροχής* ( $N-Q$ ) και *χαρακτηριστική καμπύλη βαθμού απόδοσης-παροχής* ( $\eta_{ολ} -Q$ ) αντίστοιχα.

Οι τρεις αυτές καμπύλες ονομάζονται *χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας μίας αντλίας*.

Για τη παράσταση των τριών εξισώσεων  $H=f(Q)$ ,  $N=f(Q)$ ,  $\eta_{ολ}= f(Q)$ , τεταγμένη είναι η παροχή ( $Q$ ) και τεταγμένες το ολικό ύψος ( $H$ ), η απορροφούμενη ισχύς της αντλίας ( $N$ ) και ο βαθμός απόδοσης ( $\eta_{ολ}$ ).

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.1.3), παριστάνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας αντλιών, ανάλογα με τη κατάταξη τους ως προς την αρχή λειτουργίας τους (ακτινικής, ελικοειδής μικτής, αξονικής ροής).



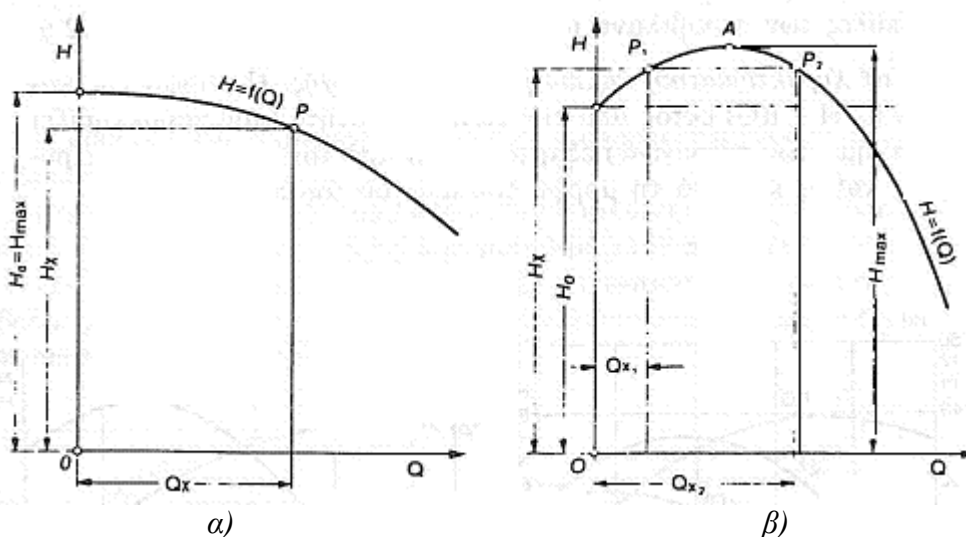
Σχ.1.3 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας  $H=f(Q)$ ,  $N=f(Q)$ ,  $\eta_{ολ}= f(Q)$   
 α) ακτινικής ροής, β) ελικοειδής μικτής ροής, γ) αξονικής ροής. [Ακριτίδης, 1985]



Η κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης ύψους-παροχής, εξαρτάται από τη γωνία  $\beta_2$  των πτερυγίων. Η κλίση  $dH/dQ$  της χαρακτηριστικής  $H-Q$  έχει τόσο μεγαλύτερη αρνητική κλίση, όσο η γωνία  $\beta_2$  είναι μικρότερη των  $90^\circ$ . Το σχήμα της χαρακτηριστικής καμπύλης ύψους-παροχής μπορεί να διακριθεί σε ομαλής πτώσης και απότομης πτώσης, ανάλογα με τη κλίση  $dH/dQ$  χαρακτηριστικής καμπύλης.

Η χαρακτηριστική καμπύλη ύψους-παροχής μπορεί να είναι ευσταθής, όταν σε παροχή  $Q_0=0$  είναι  $H_0=H_{\max}$  και όσο το  $Q$  αυξάνεται το  $H$  μειώνεται, ή ασταθής όταν σε  $Q_0=0$  είναι  $H_0 < H_{\max}$  και καθώς το  $Q$  αυξάνεται το  $H$  αυξάνεται έως  $H_{\max}$  και έπειτα μειώνεται συνεχώς.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.1.4) απεικονίζει μία ευσταθή και μία ασταθή χαρακτηριστική καμπύλη ύψους-παροχής.



Σχ.1.4 Χαρακτηριστική καμπύλη ύψους – παροχής α) ευσταθής β) ασταθής. [Ακριτίδης, 1985]

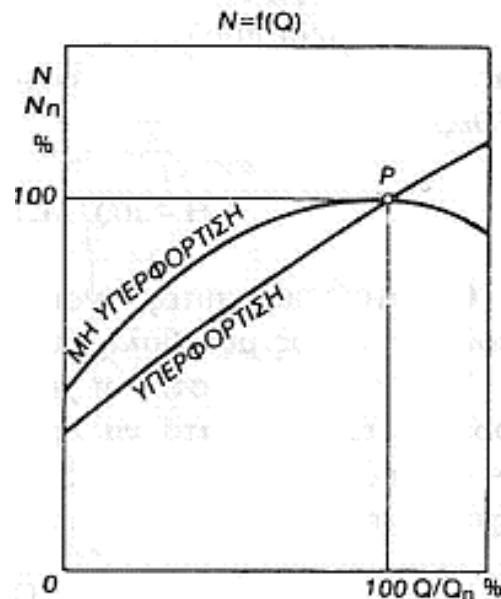
Όταν η χαρακτηριστική ύψους-παροχής είναι ευσταθής, για κάθε τιμή του  $H$  αντιστοιχεί μόνο μία τιμή του  $Q$ , ενώ όταν είναι ασταθής για κάθε τιμή του  $H$  στη περιοχή  $H > H_0$  αντιστοιχούν δύο τιμές του  $Q$ .

Στις αντλίες ακτινικής ροής η χαρακτηριστική καμπύλη μπορεί να είναι είτε ευσταθής είτε ασταθής, ενώ στις αντλίες μικτής και αξονικής ροής είναι πάντα ευσταθής. Στις μονοβάθμιες αντλίες ακτινικής ροής ευσταθής καμπύλη επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους, όπως μειώνοντας τον αριθμό των πτερυγίων, χρησιμοποιώντας μικρότερες γωνίες  $\beta_2$ .

Η χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος-παροχής  $N=f(Q)$  για αυξανόμενη παροχή ανέρχεται συνεχώς στις αντλίες ακτινικής ροής, παραμένει σχεδόν οριζόντια στις αντλίες μικτής ροής και κατέρχεται συνεχώς στις αντλίες αξονικής ροής. Οι καμπύλες αυτές διακρίνονται σε καμπύλες μη υπερφόρτισης και καμπύλες υπερφόρτισης.

Ο χαρακτηρισμός της καμπύλης ως υπερφόρτισης ή μη υπερφόρτισης αναφέρεται στη δυνατότητα ή μη να μεταβιβάζεται μεγαλύτερη ισχύς στο υγρό όταν η αντλία εργάζεται με παροχή μεγαλύτερη του  $Q_n$ . Η χαρακτηριστική μη υπερφόρτισης ανέρχεται μέχρι ένα σημείο (κοντά στο  $Q_n$ ) και μετά κατέρχεται. Η χαρακτηριστική καμπύλη υπερφόρτισης ανέρχεται συνεχώς. Το πλεονέκτημα των αντλιών που έχουν χαρακτηριστική μη υπερφόρτισης είναι ότι όταν ο κινητήρας έχει ισχύ  $N_{\max}$ , δεν υπάρχει κίνδυνος υπερφόρτισης του, έστω και αν η παροχή υπερβεί κατά πολύ το  $Q$ .

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.1.5), παριστάνεται μία καμπύλη  $N=f(Q)$  φορτίσεως και μία υπερφόρτισης  $N=f(Q)$  σε αδιάστατες συντεταγμένες.



Σχ.1.5 Αδιάστατες καμπύλες  $N=f(Q)$  υπερφόρτισης και μη υπερφόρτισης. [Ακριτίδης, 1985]

Η χαρακτηριστική καμπύλη βαθμού απόδοσης-παροχής, αρχίζει από το μηδέν και ανέρχεται μέχρι το κανονικό σημείο λειτουργίας, δηλαδή το σημείο μέγιστου βαθμού απόδοσης και έπειτα κατέρχεται. [Ακριτίδης, 1985]

### 1.7 Χαρακτηριστικές επιφάνειες

Στη προηγούμενη παράγραφο, περιγράψαμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες για σταθερή ταχύτητα περιστροφής ( $n$ ). Αλλάζοντας τώρα τη ταχύτητα περιστροφής του άξονα της αντλίας θα πάρουμε μία οικογένεια καμπυλών  $H=f(Q)$ ,  $N=f(Q)$ ,  $n_{ολ}=f(Q)$  για διάφορες ταχύτητες περιστροφής. Αν τοποθετήσουμε τα σημεία που ορίζουν οι τιμές των  $Q$ ,  $H$ ,  $N$  και  $n_{ολ}$  σε τρισδιάστατο σύστημα θα πάρουμε τις *χαρακτηριστικές επιφάνειες*.

$$H=f(Q, n), N=f(Q, n), n_{ολ}=f(Q, n)$$

Οι επιφάνειες αυτές δίνουν την εικόνα λειτουργίας της αντλίας σε όλο το εύρος μεταβολής των παραμέτρων  $Q$  και  $n$ .

Όταν είναι γνωστές οι χαρακτηριστικές καμπύλες σε  $n_n$  αριθμό στροφών, είναι εφικτό να βρεθούν τα χαρακτηριστικά μεγέθη σε διαφορετικό αριθμό στροφών χωρίς να χαραχθούν οι χαρακτηριστικές επιφάνειες, σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις:

$$(Q_1/Q_2) = (n_1/n_2)$$

$$(H_1/H_2) = (n_1/n_2)^2$$

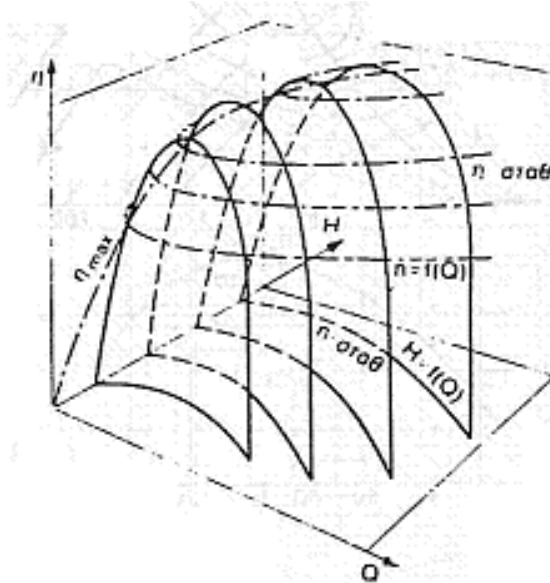
$$(N_1/N_2) = (n_1/n_2)^3$$

Κατά τη μετάβαση από ένα σημείο της μίας καμπύλης στο αντίστοιχο της άλλης καμπύλης θα πρέπει να μη μεταβληθεί ο βαθμός απόδοσης της αντλίας. Ο βαθμός απόδοσης παραμένει πρακτικά ο ίδιος, για μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής σε σχέση με τη κανονική ταχύτητα κατά 25%. [Ακριτίδης, 1985]

### 1.8 Πλήρεις χαρακτηριστικές καμπύλες

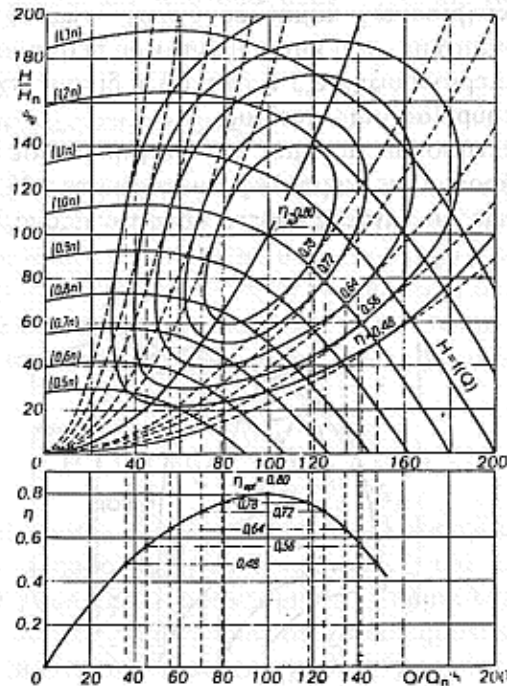
Οι χαρακτηριστικές καμπύλες ύψους-παροχής  $H=f(Q)$  και βαθμού απόδοσης-παροχής  $\eta_{ολ} = f(Q)$ , που καθορίζονται με πειραματικές μετρήσεις σε ταχύτητες περιστροφής από 0,5n έως 1,3n, δίνουν σχεδόν πλήρη εικόνα της λειτουργίας μίας αντλίας.

Αν τοποθετήσουμε τις τιμές των μετρήσεων σε συστήματα τριών αξόνων θα πάρουμε τις καμπύλες του επόμενου σχήματος (Σχ.1.6).



Σχ.1.6 Πλήρεις χαρακτηριστικές καμπύλες ίσου βαθμού απόδοσης σε τρισσορθογώνιο σύστημα. [Ακριτίδης, 1985]

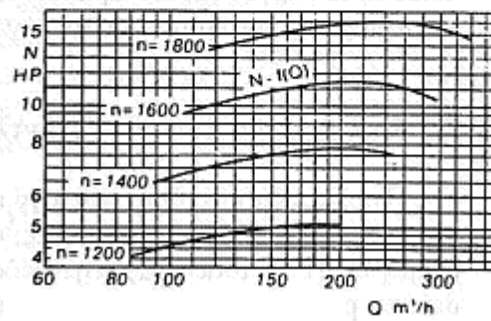
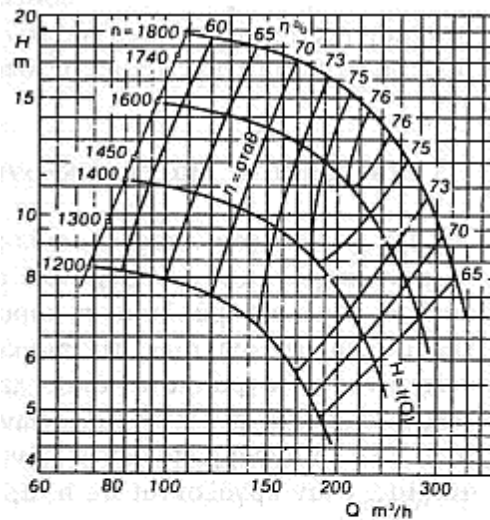
Τέμνοντας τις κυρτές επιφάνειες με επίπεδα κάθετα προς τον άξονα των η θα έχουμε τις καμπύλες ίσου βαθμού απόδοσης. Προβάλλοντας τώρα τις καμπύλες αυτές στο επίπεδο Q-H, καταλήγουμε στις καμπύλες του επόμενου σχήματος (Σχ.1.7). Οι καμπύλες αυτές αποτελούν τις πλήρεις χαρακτηριστικές καμπύλες.



Σχ.1.7 Πλήρεις χαρακτηριστικές καμπύλες φυγόκεντρου αντλίας με καμπύλες ίσου βαθμού απόδοσης σε σύστημα ορθογωνικών συντεταγμένων. [Ακριτίδης, 1985]

Πρακτικά, το εύρος λειτουργίας είναι πιο περιορισμένο, από αυτό του παραπάνω σχήματος. Για παροχές διαφορετικές της κανονικής ο βαθμός απόδοσης είναι μικρότερος του μέγιστου  $\eta_{\max}$ . Το εύρος μεταβολής της παροχής πρέπει να είναι τόσο, ώστε ο βαθμός απόδοσης να μη γίνεται μικρότερος από ένα επιτρεπτό όριο  $\eta_{\min}$ . Συνήθως, οι πλήρεις χαρακτηριστικές καμπύλες παριστάνονται σε λογαριθμική κλίμακα. Επίσης συνήθως παρέχονται και οι καμπύλες ισχύος-παροχής. [Ακριτίδης, 1985]

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.1.8), απεικονίζει το εύρος λειτουργίας και τις καμπύλες ισχύος- παροχής μίας φυγόκεντρου αντλίας.



Σχ.1.8 Εύρος λειτουργίας και τις καμπύλες ισχύος- παροχής μίας φυγόκεντρου αντλίας. [Ακριτίδης, 1985]

## 1.9 Νόμοι ομοιότητας

Η εφαρμογή των νόμων της ομοιότητας παρουσιάζει μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον, κυρίως για δύο λόγους:

α) Είναι εφικτή η δοκιμή αντλίας, γεωμετρικά όμοιας με την υπό μελέτη, της οποίας οι διαστάσεις είναι απαγορευτικές για την εργαστηριακή δοκιμή. Από τη πλήρη εργαστηριακή δοκιμή του μοντέλου εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία αφορούν τη προβλεπόμενη λειτουργική συμπεριφορά της αντλίας και προκύπτουν οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας, διαπιστώνεται η ομαλή ή όχι λειτουργία σε μερικά φορτία, καθώς και η ανάπτυξη σπηλαιώσης. Στη συνέχεια μπορεί να γίνουν οι κατάλληλες τροποποιήσεις στη σχεδίαση μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή λειτουργική συμπεριφορά της αντλίας. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται τόσο ο αγοραστής όσο και ο κατασκευαστής ότι η πραγματική αντλία που θα κατασκευασθεί με την εφαρμογή των νόμων της ομοιότητας θα ικανοποιεί τις συμβατικές υποχρεώσεις και η αντίστοιχη επένδυση για κατασκευή δεν θα είναι επισφαλής λόγω αστοχίας στη μελέτη και τη χάραξη.

β) Ένας κατασκευαστής αντλιών πρέπει να παράγει πλήρεις σειρές αντλιών τυποποιημένων αντλιών που να καλύπτουν ευρεία περιοχή παροχών και ολικών υψών, δηλαδή το κανονικό σημείο λειτουργίας τους να καλύπτει όσο δυνατό καλύτερα το διάγραμμα (H,Q). Θα έπρεπε λοιπόν να μελετηθεί, να χαραχθεί και

δοκιμασθεί μεγάλο πλήθος πτερωτών και αντλιών. Αυτό αποφεύγεται με την εφαρμογή των νόμων της ομοιότητας, οπότε μία πλήρης σειρά αντλιών καλύπτεται με 5 ή 6 σειρές γεωμετρικά όμοια αντλιών, κάθε μία από τις οποίες κατασκευάζεται σε διαφορετικό μέγεθος.

Οι νόμοι ομοιότητας εφαρμόζονται μεταξύ αντίστοιχων σημείων λειτουργίας γεωμετρικά όμοιων μηχανών. Αντίστοιχα ονομάζονται τα σημεία λειτουργίας στα οποία τα αντίστοιχα τρίγωνα ταχυτήτων είναι όμοια. Η περίπτωση αλλαγή της ταχύτητας περιστροφής είναι ουσιαστικά μία υποπερίπτωση των νόμων ομοιότητας για γεωμετρικό λόγο ομοιότητας ίσο με τη μονάδα.

Οι σχέσεις από τις οποίες προκύπτουν, τα αντίστοιχα σημεία λειτουργίας γεωμετρικά όμοιων αντλιών είναι οι εξής:

$$(Q'/Q'') = (D'/D'')^3 * (n'/n'')$$

$$(H'/H'') = (D'/D'')^2 * (n'/n'')^2$$

$$(N'/N'') = (D'/D'')^5 * (n'/n'')^3$$

όπου τα μεγέθη που αναφέρονται στην μία αντλία παριστάνονται με ένα τόνο ενώ τα αντίστοιχα μεγέθη που αναφέρονται στην άλλη με δύο τόνους.

Από την εφαρμογή των εξισώσεων αυτών είναι δυνατή η χάραξη των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας, σημείο προς σημείο, γεωμετρικά όμοιων αντλιών.

Αξίζει να τονίσουμε ότι, τα κανονικά σημεία λειτουργίας στα οποία παρουσιάζεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης ( $n'_{max}, n''_{max}$ ) θα είναι και αντίστοιχα σημεία λειτουργίας. [Παπαντώνης, 2002]

### 1.10 Ειδικός αριθμός στροφών

Με σκοπό τη διαμόρφωση μίας παραμέτρου, η οποία να είναι ενδεικτική της μορφής της μορφής της μεσημβρινής μορφής της πτερωτής γίνεται η επόμενη ανάλυση. Έστω μία αντλία διαμέτρου πτερωτής  $D_2$  της οποίας το κανονικό σημείο λειτουργίας είναι  $(H_K, Q_K)$  για ταχύτητα περιστροφής  $n$ . Θα υπάρχει μία αντλία, γεωμετρικά όμοια προς την εξεταζόμενη, διαμέτρου πτερωτής  $D_{2q}$ , της οποίας το κανονικό σημείο λειτουργίας θα είναι ίσο με την μονάδα, δηλαδή  $H_q=1, Q_q=1$  και η οποία θα στρέφεται υπό ταχύτητα περιστροφής  $n_q$ .

Στα κανονικά σημεία λειτουργίας, ως αντίστοιχα, θα ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις ομοιότητας:

$$(Q_K/Q_q) = (D/D_q)^3 * (n/n_q)$$

$$(H_K/H_q) = (D/D_q)^2 * (n/n_q)^2$$

Από την επίλυση των εξισώσεων αυτών ως προς  $n_q$  προκύπτει:

$$n_q = n * (Q_K^{1/2} / H_K^{3/4})$$

Η ταχύτητα περιστροφής  $n_q$  της γεωμετρικά όμοια αντλίας που έχει κανονικό σημείο λειτουργίας  $H_q=1, Q_q=1$  ονομάζεται ειδικός αριθμός στροφών της αντλίας και εξαρτάται από τα κύρια χαρακτηριστικά της αντλίας στο κανονικό σημείο

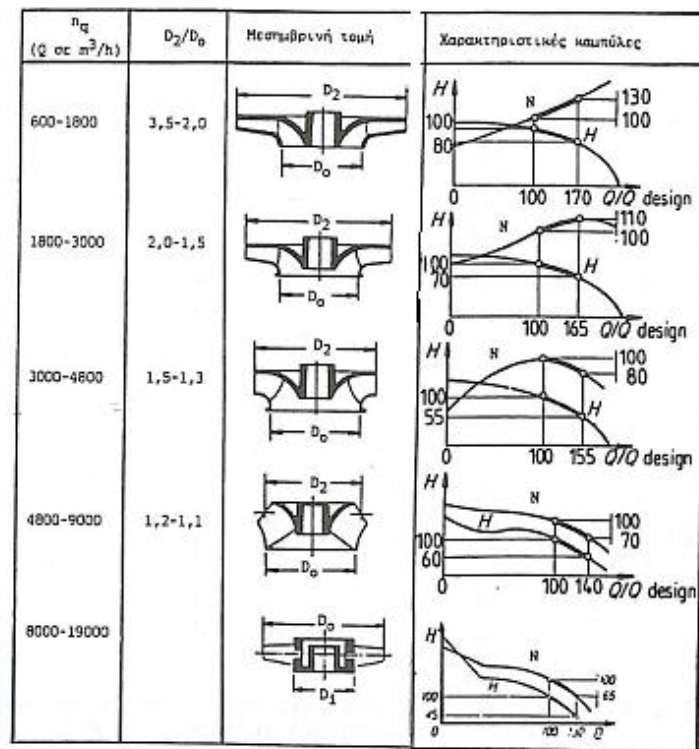
λειτουργίας της, δηλαδή το ολικό ύψος  $H_K$ , την παροχή  $Q_K$  και την ταχύτητα περιστροφής  $n$ , θεωρώντας ως διακινούμενο υγρό το καθαρό πόσιμο νερό στους  $15^\circ\text{C}$ .

Ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες μονάδες των μεγεθών  $Q$ ,  $H$  και  $n$  προκύπτουν διαφορετικές αριθμητικές τιμές του  $n$ . Εδώ, η τιμή του θα προκύπτει από την εφαρμογή των ακόλουθων μονάδων,  $Q$  σε  $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $H$  σε  $\text{m SY}$  και  $n$  σε  $\text{rpm}$ .

Από τις παραπάνω εξισώσεις ομοιότητας αποδεικνύεται ότι ολόκληρη η οικογένεια των γεωμετρικά όμοιων αντλιών προς την αρχική χαρακτηρίζεται από την ίδια τιμή του ειδικού αριθμού στροφών  $n_q$ , δηλαδή αντιπροσωπεύεται από την ίδια όμοια αντλία με μοναδιαίο σημείο λειτουργίας. Οπότε, γεωμετρικά όμοιες αντλίες έχουν την ίδια τιμή  $n_q$ . Αξίζει να τονίσουμε ότι δε συμβαίνει και το αντίστροφο.

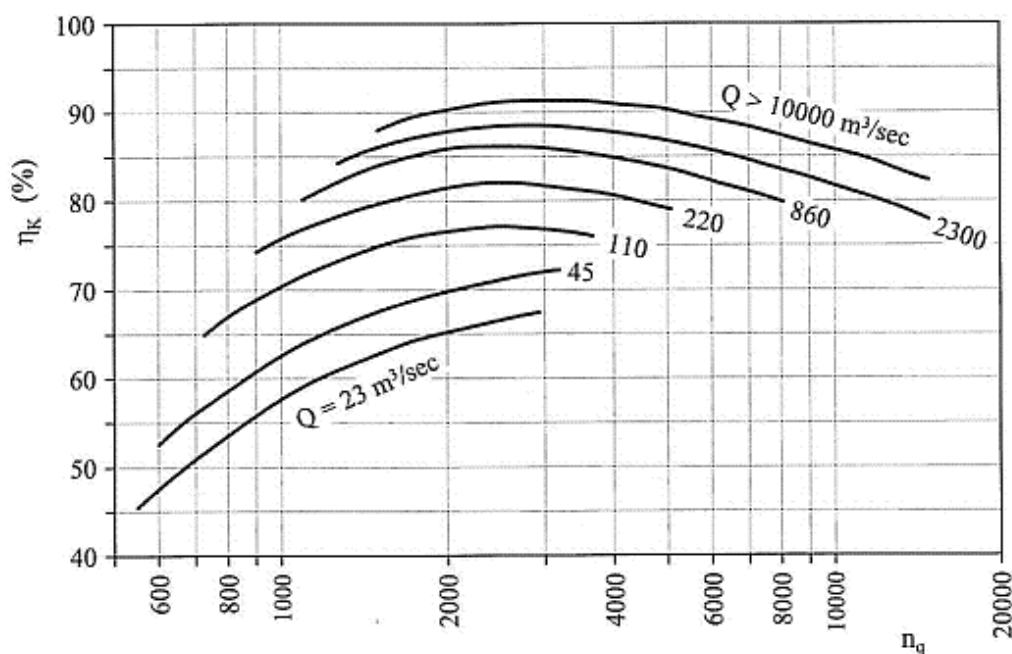
Η τιμή του  $n_q$  ως ταχύτητας περιστροφής της γεωμετρικά όμοιας αντλίας με δεδομένο το κανονικό σημείο λειτουργίας, θα είναι ενδεικτική της μεσημβρινής τομής της πτερωτής και κατά συνέπεια ολόκληρης της αντλίας. Άρα ο  $n_q$  είναι ένας δείκτης που χαρακτηρίζει τη μορφή της πτερωτής. Όσο αυξάνεται η τιμή του  $n_q$  τόσο η μορφή της πτερωτής γίνεται περισσότερο μικτής και οριακά αξονικής ροής, ενώ όσο μικρότερη είναι η τιμή του τόσο περισσότερο ακτινικής ροής γίνεται.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.1.9), δίνονται οι ενδεικτικές τομές της μεσημβρινής τομής της πτερωτής αντλίας για διάφορες τιμές του ειδικού αριθμού στροφών  $n_q$  και την ίδια κανονική παροχή και ολικό ύψος, όπου φαίνεται η διαμόρφωση της πτερωτής από πλήρως ακτινικής ροής για χαμηλές τιμές του  $n_q$  μέχρι πλήρως αξονικής ροής για πολύ υψηλές τιμές του  $n_q$  ( $n_q > 10.000$ ,  $H$  σε  $\text{m SY}$ ,  $Q$  σε  $\text{m}^3/\text{h}$ ). [Παπαντώνης, 2002]



Σχ.1.9 Ενδεικτικές μορφές της μεσημβρινής τομής της πτερωτής της αντλίας και των χαρακτηριστικών ( $H-Q$ ), ( $N-Q$ ) για διάφορες τιμές του  $n_q$  [Παπαντώνης, 2002]

Στο παρακάτω σχήμα, δίνεται η τιμή του ολικού βαθμού απόδοσης  $\eta_k$  στο κανονικό σημείο λειτουργίας συναρτήσει του ειδικού αριθμού στροφών και της κανονικής παροχής  $Q_k$ , όπως προέκυψε από τη στατιστική επεξεργασία μεγάλου πλήθους σωστά σχεδιασμένων αντλιών (διάγραμμα της εταιρίας Worthington). Σημειώνεται ότι η παροχή της αντλίας στο κανονικό σημείο λειτουργίας είναι ενδεικτική του μεγέθους της αντλίας. Άρα, όσο αυξάνεται η κανονική παροχή, δηλαδή το μέγεθος της αντλίας, ο ολικός βαθμός απόδοσης  $\eta_k$  βελτιώνεται. [Παπαντώνης, 2002]



Σχ.1.10 Στατιστικό διάγραμμα του ολικού βαθμού απόδοσης  $\eta_k$  στο κανονικό σημείο λειτουργίας καλά σχεδιασμένων αντλιών (διάγραμμα της Worthington).  
[Παπαντώνης, Αναγνωστόπουλος, 2006]

Για σταθερή τιμή της κανονικής παροχής, δηλαδή για το ίδιο μέγεθος μηχανής, η καμπύλη του βαθμού απόδοσης συναρτήσει του ειδικού αριθμού στροφών παρουσιάζει ένα μέγιστο, η εμφάνιση του οποίου εξηγείται ως εξής:

Για μικρές τιμές του  $n_q$  η πτερωτή είναι έντονα ακτινική, άρα η διαδρομή του υγρού από την είσοδο μέχρι την έξοδο από τη πτερωτή είναι σχετικά μεγάλη και η υδραυλική διάμετρος των διακένων μεταξύ πτερυγίων δίσκου και στεφάνης, σχετικά μικρή με αποτέλεσμα οι υδραυλικές απώλειες να είναι αναλογικά υψηλές και ο μέγιστος βαθμός απόδοσης μικρός. Αύξηση του  $n_q$ , έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαμέτρου και οπότε μειώνονται οι υδραυλικές απώλειες και αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης. Όμως, αύξηση του  $n_q$  έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ολικού ύψους στο κανονικό σημείο λειτουργίας, και από μία τιμή του  $n_q$  και έπειτα η μείωση του ολικού ύψους είναι πιο γρήγορη από τη μείωση των υδραυλικών απωλειών με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση του ολικού βαθμού απόδοσης στο κανονικό σημείο λειτουργίας.

Οι τιμές του ολικού βαθμού απόδοσης του διαγράμματος είναι ενδεικτικές και θα πρέπει να θεωρούνται ως οδηγός στο μηχανικό που σχεδιάζει μία αντλία. Η επίτευξη ολικού βαθμού απόδοσης σημαντικά υψηλότερου από αυτόν του διαγράμματος, απαιτεί κατασκευή και επιφανειακή επεξεργασία καλύτερη από αυτή που αντιστοιχεί



στην έννοια της μέσης οικονομοτεχνικής κατασκευής και άρα μεγαλύτερου κόστους. Αντίστοιχα, βαθμός απόδοσης χαμηλότερος από αυτό του διαγράμματος, αντιστοιχεί σε μία κατασκευή χειρότερης ποιότητας από αυτή που εννοείται ως μία μέση οικονομοτεχνική κατασκευή.

Όπως αποδείχθηκε από τη στατιστική επεξεργασία σωστά σχεδιασμένων αντλιών, η τιμή της γωνίας  $\beta_2$  δεν υπεισέρχεται στη τιμή του ολικού βαθμού απόδοσης στο κανονικό σημείο λειτουργίας και για τον λόγο αυτό δεν εμφανίζεται ως παράμετρος στο παραπάνω διάγραμμα. Όμως, ο ρόλος της γωνίας  $\beta_2$  είναι σημαντικός αφού καθορίζει τη κλίση  $dH/dQ$  της χαρακτηριστικής. [Παπαντώνης,2002]

### 1.11 Τρόχισμα της πτερωτής

Το τρόχισμα της πτερωτής, δηλαδή η μείωση της εξωτερικής διαμέτρου, προκαλεί μείωση της παροχής και του ολικού ύψους και τροποποίηση της χαρακτηριστικής καμπύλης, έτσι ώστε μία τυποποιημένη αντλία να καλύπτει μία ευρεία περιοχή παροχών και ολικού ύψους χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά ο βαθμός απόδοσης.

Όταν η πτερωτή μίας αντλίας με εξωτερική διάμετρο  $D_2$  τροχιστεί σε διάμετρο  $D_{2x} < D_2$ , τότε για σταθερή ταχύτητα περιστροφής  $n$  στα “αντίστοιχα” ως προς τη διατομή εξόδου σημεία λειτουργίας ισχύει η σχέση:

$$(Q_x / Q) = (H_x / H) = (D_{2x} / D_2)^2$$

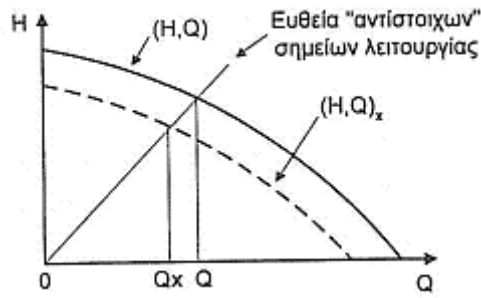
δηλαδή, τα σημεία αυτά στο διάγραμμα (H-Q) συνδέονται με μία ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

Οι κατασκευαστές βάση της παραπάνω σχέσης χαράσσουν τις χαρακτηριστικές καμπύλες  $(H, Q)_x$  για διάφορους ενδεικτικούς λόγους  $(D_{2x} / D_2)$ , ώστε μία τυποποιημένη αντλία να καλύπτει αρκετά μεγάλο εύρος παροχών και ολικών υψών. Σημειώνεται ότι, το τρόχισμα της διαμέτρου δε θα πρέπει να ξεπερνάει το 20% της αρχικής εξωτερικής διαμέτρου  $D_2$ .

Αντίστροφα, σε περίπτωση που γνωρίζουμε το επιθυμητό σημείο λειτουργίας από τη παραπάνω εξίσωση μπορεί να προσδιοριστεί η διάμετρος  $D_{2x}$  στην οποία πρέπει να τροχιστεί η αρχική διάμετρος  $D_2$ .

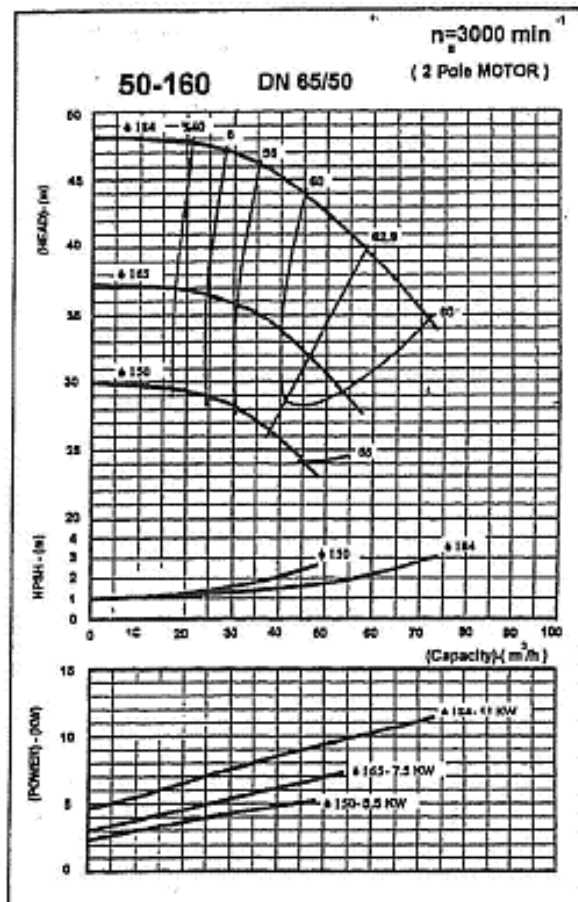
Πρέπει να τονίσουμε ότι, η μέθοδος τροχίσματος της πτερωτής είναι περισσότερο αποτελεσματική όσο μικρότερος είναι ο ειδικός αριθμός στροφών, διαφορετικά προκαλείται σημαντική πτώση του βαθμού απόδοσης. [Παπαντώνης,2002]

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.1.11) παρουσιάζει τη μεταβολή της χαρακτηριστικής καμπύλης (H-Q) αντλίας λόγω μείωσης της διαμέτρου  $D_2$  και τα “αντίστοιχα” σημεία λειτουργίας.



Σχ.1.11 Μεταβολή της χαρακτηριστικής καμπύλης (H-Q) αντλίας λόγω μείωσης της διαμέτρου  $D_2$  και τα "αντίστοιχα" σημεία λειτουργίας [Παπαντώνης, 2002]

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τις χαρακτηριστικές καμπύλες (H-Q) και τις καμπύλες σταθερού βαθμού απόδοσης τυποποιημένης αντλίας για διάφορες ενδεικτικές διαμέτρους της περωτής.



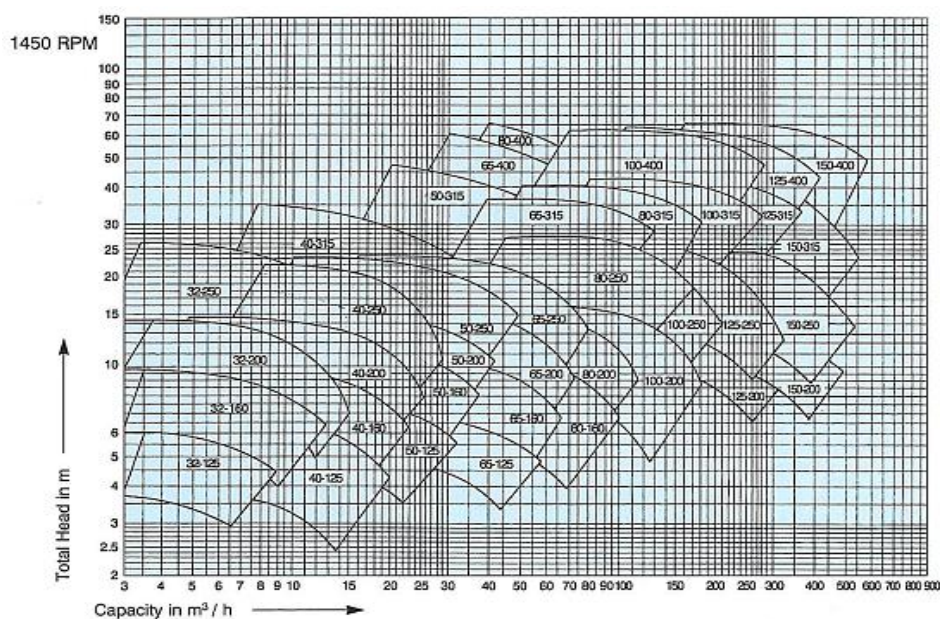
Σχ.1.12 Χαρακτηριστικές καμπύλες (H-Q) και καμπύλες σταθερού βαθμού απόδοσης τυποποιημένης αντλίας για διάφορες ενδεικτικές διαμέτρους της περωτής [Αναναλός].

## 1.12 Επιλογή αντλίας

Τα κύρια δεδομένα κατά τη μελέτη μίας αντλητικής εγκατάστασης είναι η επιθυμητή παροχή ( $Q$ ) και οι δεξαμενές μεταξύ των οποίων γίνεται η διακίνηση του υγρού. Επίσης, στη πλειονότητα των εφαρμογών είναι δεδομένη η διάταξη των σωληνώσεων αναρρόφησης και κατάθλιψης. Με δεδομένα τα στοιχεία αυτά, ακολουθεί η επιλογή της διαμέτρου της σωλήνωσης. Μετά την επιλογή της διαμέτρου σωλήνωσης είναι εφικτό να υπολογιστεί το ολικό ύψος που απαιτείται για την απαιτούμενη παροχή.

Η αντλία που θα επιλεγεί για μία εφαρμογή, θα πρέπει να είναι αυτή της οποίας το κανονικό σημείο λειτουργίας να είναι το απαιτούμενο ( $H, Q$ ), ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργία της με το μέγιστο βαθμό απόδοσης. Ο καθορισμός του κανονικού σημείου λειτουργίας είναι το βασικότερο, όχι όμως το μοναδικό κριτήριο για την επιλογή της αντλίας. Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη η κλίση ( $dH/dQ$ ) της χαρακτηριστικής καμπύλης ( $H-Q$ ) η οποία επιδρά στην ευστάθεια της λειτουργίας και στην απόκλιση μεταξύ πραγματικής παροχής και επιθυμητής. Στην περίπτωση που η πραγματική χαρακτηριστική της σωλήνωσης διαφέρει από αυτή που υπολογίστηκε. Ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στην εκλογή της αντλίας είναι η συμπεριφορά της προς τη σπηλαιώση, κάτι το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω.

Η επιλογή της κατάλληλης αντλίας γίνεται καταρχήν από το πλήρες διάγραμμα μίας σειράς αντλιών, όπως για παράδειγμα αυτό του παρακάτω σχήματος (Σχ.1.13), στο οποίο δίνεται η βέλτιστη περιοχή λειτουργίας των τυποποιημένων μονοβάθμιων φυγοκεντρικών αντλιών επιφανείας κατά DIN24255. Οι αντλίες αυτές χαρακτηρίζονται από δύο κωδικούς αριθμούς, π.χ40-250, εκ των οποίων ο πρώτος δίνει την ονομαστική διάμετρο της διατομής κατάθλιψης (εξόδου) της αντλίας και ο δεύτερος την διάμετρο της περωτής σε mm. Σημειώνεται ότι η ονομαστική διάμετρος της διατομής εξόδου είναι ενδεικτική της διερχόμενης παροχής και άρα του μεγέθους της αντλίας, ενώ η διάμετρος της περωτής, για δεδομένη ταχύτητα περιστροφής, είναι ενδεικτική του ολικού ύψους της αντλίας.



Σχ.1.13 Διάγραμμα επιλογής τυποποιημένων μονοβάθμιων φυγοκεντρικών αντλιών. [Δράκος-Πολέμης]

Ως βέλτιστη περιοχή λειτουργίας εννοείται αυτή γύρω από το κανονικό σημείο λειτουργίας, όπου ο βαθμός απόδοσης είναι ικανοποιητικός και η λειτουργία της αντλίας ομαλή. Κάθε αντλία στο διάγραμμα (H-Q) αντιστοιχεί σε μια περιοχή (και όχι σε τμήμα μίας καμπύλης) η οποία είναι δυνατό να καλυφθεί με κατάλληλο τρόχισμα της εξωτερικής διαμέτρου της πτερωτής.

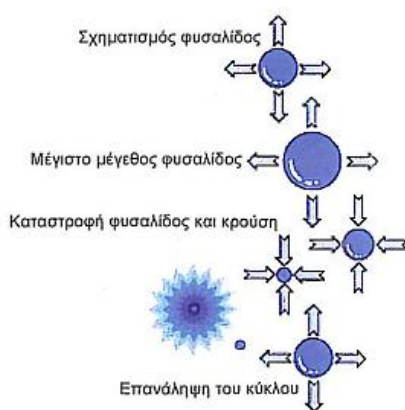
Μετά την καταρχήν επιλογή της τυποποιημένης αντλίας εξετάζονται οι αναλυτικές χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας της  $H=f(Q)$ ,  $N=f(Q)$ ,  $\eta_{ολ}=f(Q)$ . Σημειώνεται ότι οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας που δίνουν οι κατασκευαστικές εταιρίες ισχύουν για διακινούμενο υγρό το καθαρό νερό στους 15 °C. [Παπαντώνης,2002]

### 1.13 Σπηλαιώση

Σπηλαιώση ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο σχηματίζονται θύλακες ή φυσαλίδες του αντλούμενου υγρού, οι οποίες προέρχονται από την εξάτμιση του στις περιοχές όπου η στατική πίεση ελαττώνεται μέχρι τη τιμή της πίεσης κορεσμού των ατμών του υγρού ( $P_D$ ) για την θερμοκρασία που επικρατεί εκεί. Σε αυτές τις περιοχές το υγρό βράζει και εξατμίζεται ταχύτατα. Η στατική πίεση στη ροή του υγρού δεν είναι σταθερή και οι φυσαλίδες μεταφέρονται σε γειτονικές περιοχές, όπου η πίεση είναι  $P_D$  και προκαλείται ταχύτατη συμπύκνωση του ατμού σε υγρό. Ο όγκος κάθε φυσαλίδας μειώνεται και οι γειτονικές μάζες του υγρού γύρω από τις φυσαλίδες αυτές τείνουν προς το κέντρο τους και προκαλούν μία απότομη σημειακή υδραυλική κρούση τη στιγμή που η φυσαλίδα εξαφανίζεται. Σε περίπτωση που η φυσαλίδα βρεθεί πάνω σε μία επιφάνεια, η κρούση πάνω σε αυτή προκαλεί μία τοπική καταστροφή. Έχει αποδειχτεί πειραματικά ότι οι τοπικές πιέσεις που προκαλούνται κατά τη κρούση μπορούν να φτάσουν αρκετές εκατοντάδες ατμοσφαιρών.

Οι κρούσεις αυτές επαναλαμβάνονται με ταχύτατους ρυθμούς πάνω σε κάθε είδους τοιχώματα (κέλυφος, πτερωτή) και προκαλούν τη καταπόνηση έως και τη καταστροφή τους. [Φελώνης, 2009]

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.1.14), απεικονίζει τη διαδρομή των σχηματιζόμενων φυσαλίδων.



Σχηματική διαδρομή των σχηματιζόμενων φυσαλίδων μέχρι την καταστροφή τους και την επανάληψη του κύκλου.

Σχ.14[ Φελώνης, 2000]

### 1.14 Μηχανική και χημική διάβρωση

Στο σημείο αυτό θα μιλήσουμε για τη μηχανική και χημική διάβρωση που μπορεί να υποστεί μία αντλία, οι οποίες πολλές φορές συγχέονται με τη σπηλαιώση, κάτι το οποίο είναι λάθος.

Μηχανική διάβρωση καλείται η φθορά των μερών της αντλίας τα οποία έρχονται σε επαφή με το υγρό, όταν αυτό περιέχει αιωρούμενα σωματίδια, λόγω της τριβής μεταξύ των μερών της αντλίας με τα σωματίδια αυτά.

Χημική διάβρωση καλείται η φθορά των μερών της αντλίας τα οποία έρχονται σε επαφή με το υγρό, η οποία προκαλείται όταν το υγρό είναι χημικά επιθετικό (είδος υγρού, θερμοκρασία) και τα υλικά κατασκευής δεν έχουν εκλεγεί σωστά.

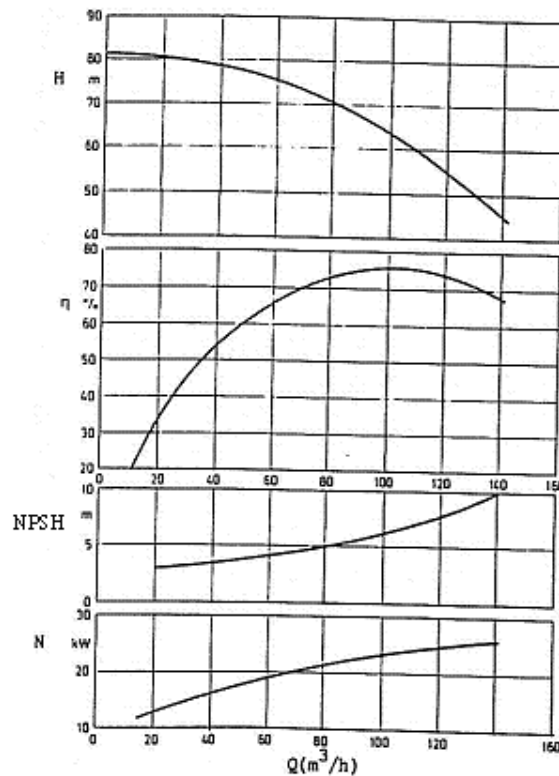
Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η εκλογή των κατάλληλων υλικών είναι απαιτούμενη για να μην υπάρξει φθορά των βρεχόμενων μερών της αντλίας. [Φελώνης, 2009]

### 1.15 Δείκτης NPSH

Ο δείκτης NPSH εκφράζει τη διαφορά της ολικής πίεσης (εκφρασμένη σε m ΣΥ) στη διατομή εισόδου της αντλίας από τη πίεση ατμοποίησης του υγρού, που πρέπει να έχει η αντλία ώστε η λειτουργία της να βρίσκεται στο όριο εμφάνισης σπηλαιώσης.

Ο δείκτης αυτός παρέχεται στις χαρακτηριστικές καμπύλες συναρτήσεως της παροχής και η τιμή του μεταβάλλεται με το τετράγωνο της διακινούμενης παροχής.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.1.15) παραθέτει τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας και τη καμπύλη του δείκτη NPSH σε συνάρτηση με την παροχή.



Σχ.1.15 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας και καμπύλη του δείκτη NPSH σε συνάρτηση με την παροχή [Παπαντώνης, 2002]

Κατά τη μελέτη μίας αντλητικής εγκατάστασης για τη επιλογή της θέσης τοποθέτησης της αντλίας (ηγεωμετρικό ύψος αναρρόφησης), ένας πρακτικός τρόπος υπολογισμού του  $h_e$  είναι ο παρακάτω:

$$h_e = H_B - (NPSH + 0,5) - H_{r,s} - kt - kh$$

όπου,

- $H_B$  ισούται με την ατμοσφαιρική πίεση εκφρασμένη σε m ΣΥ, δηλαδή  $H_B=10,33$
- 0,5 συντελεστής ασφαλείας
- απώλειες φορτίου στην αναρρόφηση
- $kt$ , συντελεστής θερμοκρασίας
- $kh$ , συντελεστής μείωσης μανομετρικού ύψους σε σχέση με το ύψος από τη θάλασσα.[Φελώνης, 2009]

Οι τιμές των συντελεστών  $kt$  ,  $kh$  παρέχονται στους παρακάτω πίνακες του σχήματος 1.16.

Θερμοκρασία νερού (°C)	20	40	60	80	90	110	120
$kt$ = απώλεια αναρρόφησης (m)	0,2	0,7	2,0	5,0	7,4	15,4	21,5

Ύψος από θάλασσα	500	1000	1500	2000	2500	3000
$kh$ = μείωση μανομετρικού ύψους (m)	0,55	1,1	1,65	2,2	2,75	3,3

Σχ1.16 Πίνακες τιμών συντελεστών  $kt$  και  $kh$  [ Φελώνης, 2009]

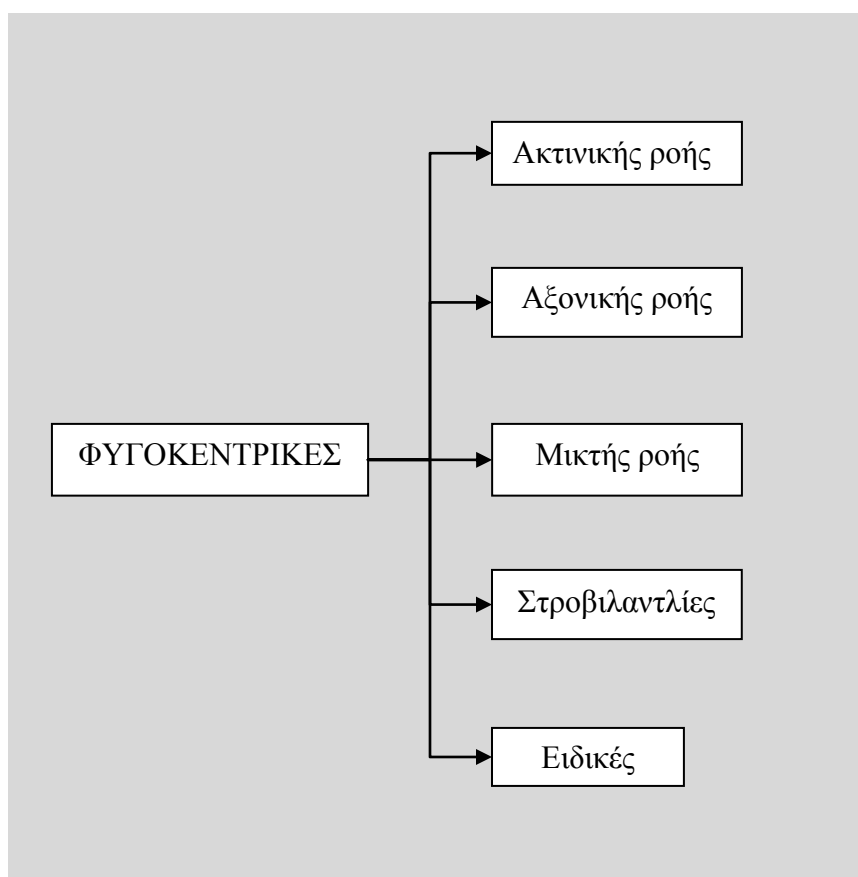
Από την ανωτέρω σχέση καταλαβαίνουμε ότι, όσο μικρότερη είναι η τιμή του δείκτη  $NPSH$  τόσο ευκολότερη είναι η ικανοποίηση της συνθήκης λειτουργίας χωρίς σπηλαιώση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ

### 2.1 Γενικά

Η λειτουργία των φυγοκεντρικών αντλιών στηρίζεται στην μεταβολή της κινητικής κατάστασης του υγρού και την μετατροπή της κινητικής τους ενέργειας σε στατική πίεση.

Η κατάταξη των φυγοκεντρικών αντλιών με βάση την αρχή λειτουργίας τους, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ 2.1).



Σχ.2.1 Κατηγορίες φυγοκεντρικών αντλιών ως προς την αρχή λειτουργίας τους.

Η χρήση των αντλιών αυτών έχει ευρεία διάδοση, για τους παρακάτω λόγους:

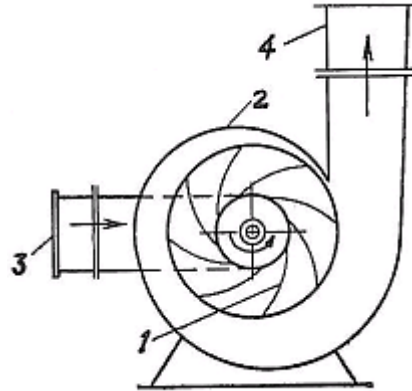
- καλή απόδοση, μικρός όγκος και βάρος, εύκολη συνδεσμολογία με κινητήρες.
- συνεχή και ομοιόμορφη κίνηση.
- η πίεση και η παροχή τους δεν παρουσιάζει περιοδική διακύμανση.
- δυνατότητα ρύθμισης της παροχής τους.
- χαμηλό κόστος αγοράς και λειτουργίας.
- παρουσιάζουν ασφάλεια λειτουργίας, λόγω μικρού αριθμού κινούμενων στοιχείων.

## 2.2 Αντλίες ακτινικής ροής

### 2.2.1 Αρχή λειτουργίας

Στις αντλίες ακτινικής ροής, το υγρό εισέρχεται στο περίβλημα αξονικά και κινείται και εξέρχεται ακτινικά.

Η σχηματική διάταξη μίας αντλίας ακτινικής ροής παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.2.2).



Σχ.2.2 Διάταξη αντλίας ακτινικής ροής. [Μαυρουδής, 1984]

### Αρχή λειτουργίας

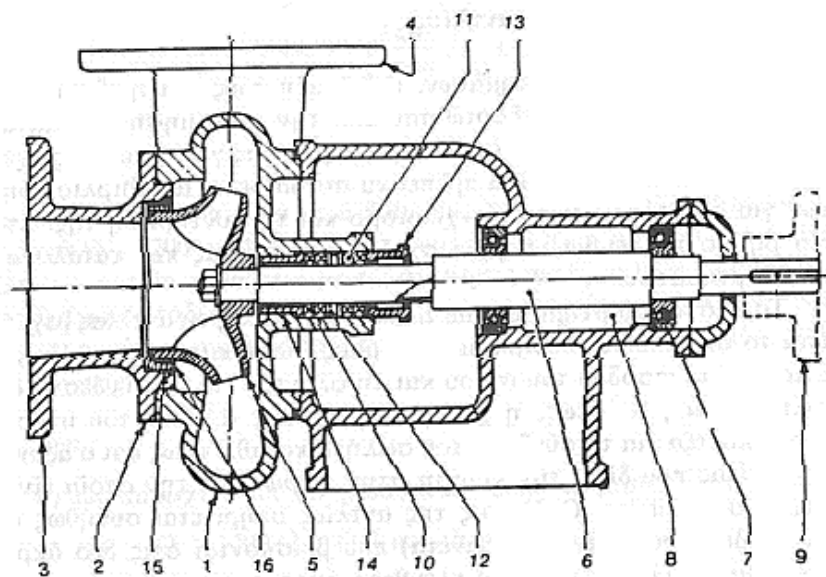
Η πτερωτή (1) φέρει πτερύγια και περικλείεται μέσα σε ένα περίβλημα (2). Καθώς η πτερωτή περιστρέφεται από τον κινητήρα, το υγρό μετακινείται από τη **φυγόκεντρο δύναμη**, από το κέντρο προς τη περιφέρεια και εκτινάσσεται στο σπειροειδές περίβλημα για να οδηγηθεί στη συνέχεια στον σωληνοκατάθλιψη (4). Επειδή το υγρό μετακινείται από το κέντρο της πτερωτής προς την περιφέρεια, η πίεση στο κέντρο ελαττώνεται. Νέα ποσότητα υγρού κινείται από το σωλήνα αναρρόφησης (3) προς το σημείο χαμηλής πίεσης, δηλαδή το κέντρο της πτερωτής. Έτσι, δημιουργείται μία **σταθερή ροή** από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη της αντλίας.

Το σπειροειδές περίβλημα (κέλυφος) έχει μία σταθερά αυξανόμενη διατομή, έτσι ώστε καθώς το υγρό προχωράει κατά μήκος του σπειροειδούς αγωγού η ταχύτητα να ελαττώνεται. Οπότε, λόγω της αρχής διατήρησης της ενέργειας, η ελάττωση της κινητικής ενέργειας συνεπάγεται αύξηση της δυναμικής του ενέργειας (ενέργεια πίεσης), δηλαδή έχουμε αύξηση της πίεσης του υγρού. [Μαυρουδής, 1984]



## 2.2.2 Τα βασικά μέρη μίας φυγόκεντρου αντλίας

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.2.3), απεικονίζει τα βασικά μέρη μίας τυπικής φυγόκεντρου αντλίας.



Σχ.2.3 Σχηματικό διάγραμμα αντλίας ακτινικής ροής. [Ακριτίδης, 1985]

- |  |  |
|--|--|
| 1. Σπειροειδές περίβλημα (σαλίγκαρος)    | 9. Σύνδεσμος της αντλίας με τον κινητήρα   |
| 2. Κάλυμμα του σπειροειδούς περιβλήματος | 10. Σαλαμάστρα (εσωτερικό τμήμα)           |
| 3. Φλάντζα στομίου εισόδου               | 11. Σαλαμάστρα (εξωτερικό τμήμα)           |
| 4. Χοάνη κατάθλιψης                      | 12. Δακτύλιος υδρολιπάνσεως                |
| 5. Πτερωτή                               | 13. Στυπιοθλίπτης                          |
| 6. Άξονας της αντλίας                    | 14. Δακτυλιοειδής τριβέας                  |
| 7. Τριβέας (ένσφαιρος ή κουζινέτο)       | 15. Δακτύλιος στεγανώσεως του περιβλήματος |
| 8. Θάλαμος λαδιού                        | 16. Δακτύλιος στεγανώσεως της πτερωτής     |

Τα βασικά μέρη μίας τυπικής φυγόκεντρου αντλίας είναι το σπειροειδές κέλυφος, το κάλυμμα με το στόμιο εισόδου του υγρού και τη φλάντζα για τη σύνδεση με το σωλήνα αναρρόφησης, η χοάνη κατάθλιψης με τη φλάντζα για τη σύνδεση με το σωλήνα κατάθλιψης και η πτερωτή η οποία παίρνει κίνηση από τον άξονα.

Ο άξονας στηρίζεται σε δύο τριβείς (ρουλεμάν, κουζινέτα) που βρίσκονται στις άκρες του θαλάμου ελαίου ενώ το ελεύθερο άκρο του έχει σύνδεσμο για τη σύνδεση της αντλίας με το μέσο κίνησης.

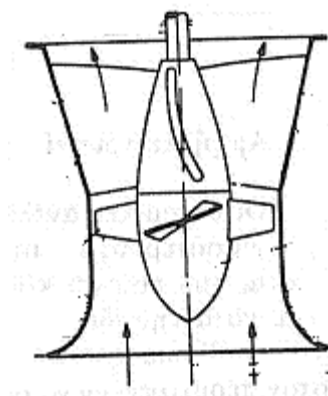
Ο άξονας διαπερνά το πίσω μέρος του σπειροειδούς περιβλήματος, όπου στεγανοποιείται για να μη διαρρέει το υγρό που βρίσκεται υπό πίεση στο περίβλημα και για να μην εισχωρήσει αέρας με αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία της αντλίας.

Η στεγανοποίηση πραγματοποιείται με σαλαμάστρα, η οποία τοποθετείται υπό τη μορφή δακτυλίων μέσα στο στυπιοθάλαμο. Στις αντλίες όπου η σαλαμάστρα υδρολιπνίζεται από εξωτερική παροχή, ανάμεσα στους δακτυλίους της παρεμβάλλεται ένας ορειχάλκινος δακτύλιος με περιφερειακή αυλάκωση και διάτρηση, όπου καταλήγει ένας αγωγός που μεταφέρει νερό υπό πίεση από το περίβλημα ή από εξωτερικό δοχείο υδρολίπανσης. Για τη στεγανοποίηση η σαλαμάστρα σφίγγεται με τον στυπιοθλίπτη.

Επίσης, τοποθετούνται δακτύλιοι στεγανώσεως ανάμεσα στη πτερωτή και το περίβλημα, ώστε να περιορίζεται η διαρροή που υπάρχει μεταξύ τους λόγω της διαφοράς πίεσης. [Ακριτίδης, 1985]

### 2.3 Αντλίες αξονικής ροής

Στις αντλίες αξονικής ροής το υγρό εισέρχεται, κινείται και εξέρχεται αξονικά. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.2.4) , παριστάνεται το διάγραμμα μίας αντλίας αξονικής ροής.



Σχ. 2.4 Αντλία αξονικής ροής. [Ακριτίδης, 1985]

Η πτερωτή αποτελείται από πτερύγια τα οποία είναι στερεωμένα στην πλήμνη, υπό γωνία ως προς το επίπεδο που περνάει από το κεντρικό άξονα. Καθώς τα πτερύγια περιστρέφονται εξασκούν **ώθηση στο υγρό**, λόγω της οποίας το υγρό κινείται αξονικά, δηλαδή κατά μήκος του άξονα της αντλίας. Η ροή στις αντλίες αυτές είναι συμμετρική, δηλαδή αν πάρουμε την τομή οποιασδήποτε κυλινδρικής επιφάνειας ομοαξονικής με τον άξονα της πτερωτής και της επιφάνειας των πτερυγίων, οι συνθήκες ροής κατά μήκος των γραμμών της τομής είναι όμοιες. Επειδή η πτερωτή έχει σχήμα έλικας οι αντλίες αυτές ονομάζονται και ελικοφόρες. [Μαυρουδής, 1984 ]

Η κατασκευή των αντλιών αυτών υπήρξε αναγκαία όταν διαπιστώθηκε ότι ήταν δύσκολη έως αδύνατη η άντληση μεγάλων ποσοτήτων υγρού σε πολύ χαμηλά μανομετρικά ύψη.

### 2.4 Αντλίες μικτής ροής

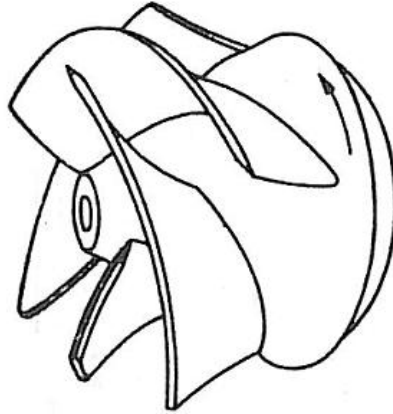
Οι αντλίες μικτής ροής είναι ενδιάμεσος τύπος αντλιών μεταξύ των αντλιών ακτινικής και των αντλιών αξονικής ροής. Το υγρό εισέρχεται κατά μήκος του άξονα, ενώ η κίνηση του μέσα στην αντλία είναι ταυτόχρονα και ακτινική και αξονική.

Η έξοδος του υγρού από την αντλία μπορεί να είναι:

- περιφερειακή (ελικοειδείς αντλίες)
- αξονική (διαγώνιες αντλίες)

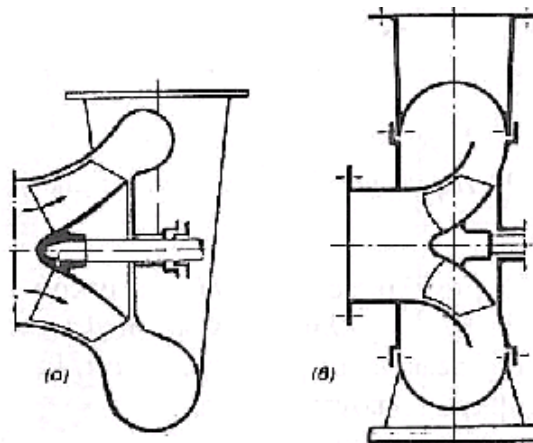
## Ελικοειδείς Αντλίες

Οι αντλίες αυτές διαφέρουν από τις αντλίες ακτινικής ροής, στο ότι η πτερωτή τους είναι κατά κανόνα ανοικτού τύπου με πτερύγια καμπυλωμένα. (βλ Σχ.2.5) Οι ελικοειδείς αντλίες δίνουν μεγάλο εύρος παροχών με σχετικά μικρό ολικό ύψος (μέχρι 20m), δηλαδή έχουν μεγάλη ειδική ταχύτητα περιστροφής.



Σχ. 2.5 Πτερωτή αντλίας μικτής ροής. [Ακριτίδης, 1985]

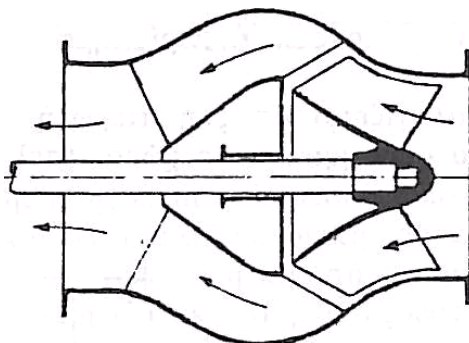
Το περίβλημα μπορεί να είναι σπειροειδές ή σταθερής διατομής με οδηγία πτερύγια (βλ. Σχ.2.6). Το σπειροειδές περίβλημα προτιμάται στις περιπτώσεις όπου για επιθυμητές τιμές παροχής και ολικού ύψους υπολογιζόμενη τελική διατομή του αγωγού ροής είναι μικρότερη από την τελική διατομή της χοάνης κατάθλιψης. Αν η μέγιστη διατομή του σπειροειδούς αγωγού είναι μεγαλύτερη χρησιμοποιείται περίβλημα σταθερής διατομής ή διαγώνια αντλία.



Σχ.2.6 Περιβλήματα ελικοειδών αντλιών μικτής ροής.  
α) σπειροειδές β) σταθερής διατομής με οδηγούς ροής. [Ακριτίδης, 1985]

## Διαγώνιες Αντλίες

Στις διαγώνιες αντλίες το περίβλημα είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε το υγρό να εισέρχεται αξονικά, να κινείται διαγωνίως και με τη βοήθεια πτερυγίων διαχύσεως να εξέρχεται αξονικά (βλ. Σχ.2.7).



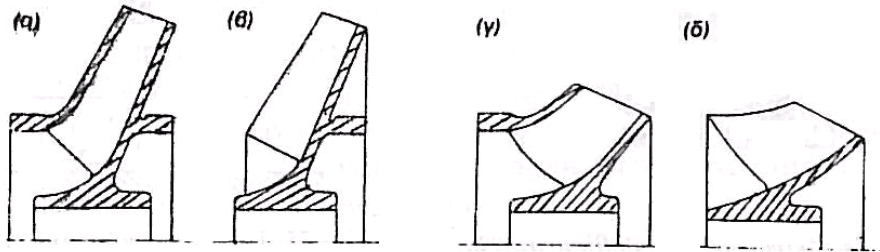
Σχ.2.7 Περίβλημα διαγώνιας αντλίας μικτής ροής. [Ακριτίδης, 1985]

Οι διαγώνιες αντλίες χρησιμοποιούνται για μεγάλες παροχές (από 20m<sup>3</sup>/h μέχρι τις μεγαλύτερες παροχές που μπορούν να δώσουν οι φυγόκεντρες αντλίες), και μανομετρικό ύψος μέχρι 40m ή και περισσότερο. Οι αντλίες αυτές έχουν όπως και οι προηγούμενες μεγάλη ειδική ταχύτητα.

Διαγώνιες αντλίες μικτής ροής κατασκευάζονται ως μονοβάθμιες ή πολυβάθμιες. Επειδή η γωνία μεταβολής της ροής στις πολυβάθμιες διαγώνιες αντλίες είναι πολύ πιο μικρή από ότι στις πολυβάθμιες φυγόκεντρες, οι αντλίες αυτές παρουσιάζουν ορισμένα σοβαρά πλεονεκτήματα:

- i) Η εξωτερική διάμετρος του περιβλήματος είναι πολύ μικρή (1,3-1,5 φορές μεγαλύτερη από την διάμετρο της πτερωτής). Για τον λόγο αυτό οι διαγώνιες αντλίες χρησιμοποιούνται (ακόμη και για μικρές ειδικές ταχύτητες) στις περιπτώσεις όπου η διάμετρος του περιβλήματος πρέπει να είναι μικρή (αντλίες γεωτρήσεων).
- ii) Κατασκευάζονται εύκολα ως κατακόρυφες αντλίες, οπότε καταλαμβάνουν μικρή επιφάνεια και μπορούν να βυθιστούν στο υγρό που αντλείται (αντλίες για βαθιά φρεάτια).

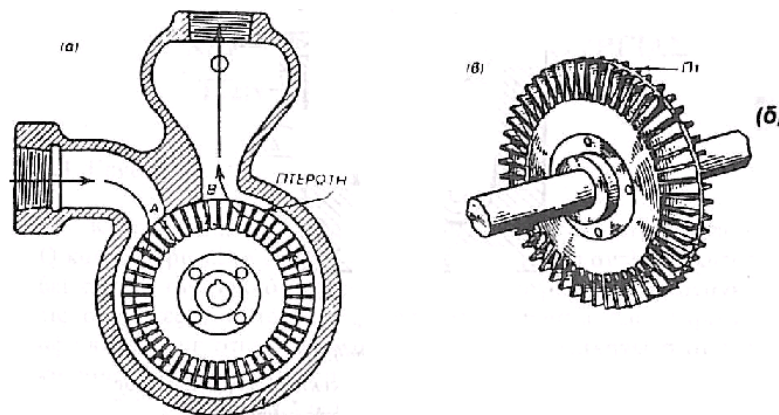
Η πτερωτή των διαγώνιων αντλιών μπορεί να είναι κλειστού ή ανοικτού τύπου. Τα πτερύγια είναι απλής καμπυλότητας στις αντλίες που χρησιμοποιούνται για μικρές παροχές, ενώ για μεγάλες παροχές είναι <<κεκαμένα στο χώρο>>. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.2.8) φαίνονται διάφορα προφίλ πτερωτών που χρησιμοποιούνται στις διαγώνιες αντλίες. Τα πτερύγια (α) και (β) είναι για μικρές παροχές(κλειστού και ανοικτού τύπου),ενώ τα (γ) και (δ) είναι για μεγάλες παροχές(κλειστού και ανοικτού τύπου). [Ακριτίδης, 1985]



Σχ.2.8 Προφίλ περωτών διαγώνιων αντλιών. [Ακριτίδης, 1985]

## 2.5 Στροβιλαντλίες

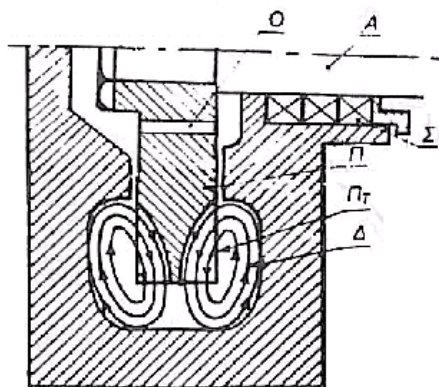
Στις στροβιλαντλίες τα περύγια είναι ευθύγραμμα και τοποθετούνται ακτινικά στην περιφέρεια του περιστρεφόμενου δρομέα σε δύο σειρές (Σχ.2.9). Το υγρό οδηγείται από το στόμιο εισόδου του περιβλήματος στην περιφέρεια της περωτής, παραλαμβάνεται από τα περύγια, διαγράφει σχεδόν μία περιστροφή μέσα στο δακτυλιοειδή αγωγό του περιβλήματος και κινείται προς την χοάνη κατάθλιψης με μεγάλη ταχύτητα. Η κινητική ενέργεια που προσδίδεται στο υγρό για αύξηση της ενέργειας είναι μεγαλύτερη από ότι στις φυγόκεντρες αντλίες.



Σχ.2.9 Στροβιλαντλία α) τομή β) περωτή Πτ) Πτερύγια. [Ακριτίδης, 1985]

Το υγρό δεν ρέει μέσα από τη περωτή, αλλά ωθείται από τα περύγια της και κινείται στον αγωγό του περιβλήματος εκτελώντας δύο είδη κινήσεων (Σχ.2.10):

- κατά μήκος του αγωγού
- περιστροφική μεταξύ των περυγίων



Σχ.2.10 Τομή στροβιλαντίας Α- άξονας, Π- περωτή, Πτ- πτερύγια, Δ- κυκλική ροή μεταξύ των περυγίων, Ο- οπή για την εξισορρόπηση της αξονικής ώθησης, Σ- σαλαμάστρα. [Ακριτίδης, 1985]

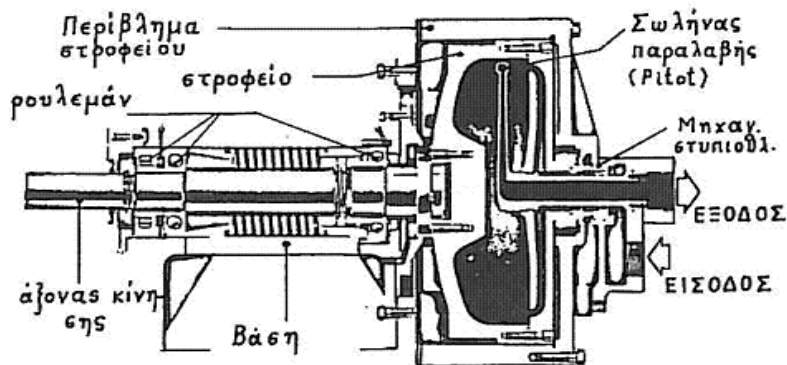
Η συνισταμένη αυτών των δύο κινήσεων είναι **ελικοειδής κίνηση**. Επομένως, η ενέργεια που προσδίδεται στο υγρό προέρχεται από τις ωθήσεις των περυγίων, που έχουν το ίδιο αποτέλεσμα με την <εν σειρά> τοποθέτηση φυγόκεντρων αντλιών. Για αυτό τον λόγο μία στροβιλαντλία δίνει μεγαλύτερη πίεση κατάθλιψης από μία φυγόκεντρο που έχει την ίδια διάμετρο περωτής και την ίδια ταχύτητα περιστροφής. [Ακριτίδης, 1985]

## 2.6 Ειδικές αντλίες

Ειδικές ονομάζονται οι αντλίες, οι οποίες στηρίζουν τη λειτουργία τους σε κάποιο ιδιαίτερο φυσικό μηχανισμό. Περιπτώσεις ειδικών αντλιών αποτελούν οι αντλίες *περιστρεφόμενου κελύφους* (αντλίες PITOT) και οι *δισκοαντλίες*.

### Αντλίες Περιστρεφόμενου Κελύφους

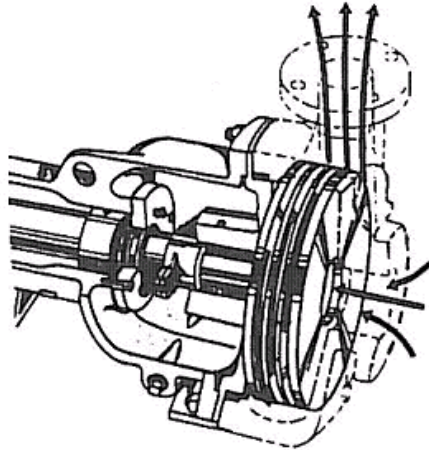
Το υγρό από το στόμιο εισόδου περνά σε ένα περιστρεφόμενο κέλυφος, όπου η φυγόκεντρη δύναμη το επιταχύνει (Σχ.2.11). Ένας σταθερός σωλήνας παραλαβής, με το στόμιο του κοντά στην εσωτερική περιφέρεια του περιστρεφόμενου κελύφους (στροφείου), όπου η πίεση και η ταχύτητα έχουν τη μέγιστη τιμή τους, παραλαμβάνει το υγρό μετατρέποντας τη μεγάλη ταχύτητα του σε υψηλή πίεση. Οι αντλίες αυτές αναπτύσσουν τετραπλάσια περίπου πίεση (μανομετρικό ύψος) από αντίστοιχες μονοβάθμιες φυγόκεντρικές αντλίες ίδιας ταχύτητας περιστροφής.



Σχ.2.11 Αντλία PITOT [Μαυρουδής, 1984]

### Δισκοαντλίες

Η λειτουργία των αντλιών αυτών, στηρίζεται στα φαινόμενα επιφανειακής τάσης και συνεκτικότητας των υγρών. Εδώ, ο ρότορας αντί για πτερωτή έχει μία ομάδα από δίσκους σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (Σχ.2.12). Επάνω σε αυτούς <προσκολλάται> και στην συνέχεια εκτινάσσεται από τη φυγόκεντρο δύναμη το αντλούμενο υγρό.



Σχ. 2.12 Δισκοαντλία [Μαυρουδής, 1984]

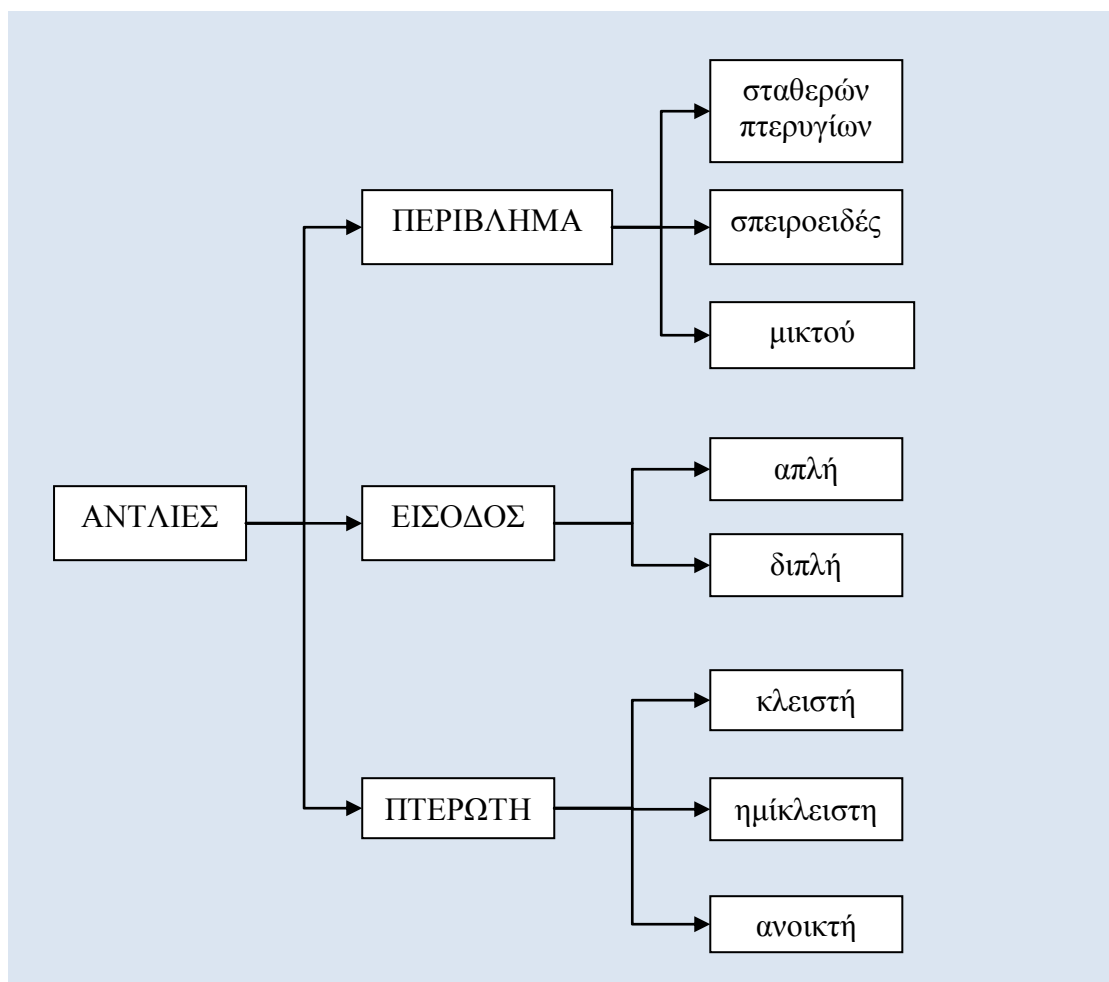
Ως βασικά **πλεονεκτήματα** τους αναφέρονται τα εξής:

- ελάχιστη φθορά ρότορα
- διακίνηση ευαίσθητων υγρών
- δυνατότητα άντλησης παχύρευστων υγρών[Μαυρουδής, 1984]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΟΡΦΗ ΤΟΥΣ

### 3.1 Γενικά

Η μορφή των αντλιών, παρουσιάζει διαφορές ως προς το περίβλημά τους, ως προς το είδος εισόδου του υγρού στην αντλία και ως προς το είδος της περρωτής (Σχ.3.1). Για τον λόγο αυτό, μελετάμε ξεχωριστά τις αντλίες ως προς το κάθε κριτήριο.



Σχ.3.1 Κατάταξη φυγοκεντρικών αντλιών ως προς τη μορφή τους.



### 3.2 Περίβλημα αντλιών

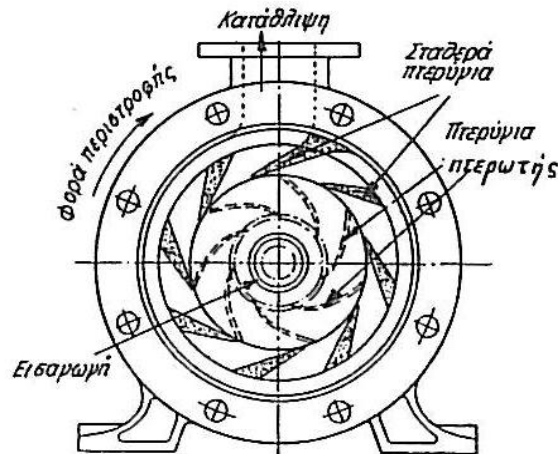
Οι φυγοκεντρικές αντλίες, αναφορικά με το περίβλημα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- με περίβλημα σταθερών πτερυγίων
- με σπειροειδές περίβλημα
- με περίβλημα μικτού τύπου

#### 3.2.1 Αντλίες με περίβλημα σταθερών πτερυγίων

Στις αντλίες αυτές, η πτερωτή εκτινάσσει το υγρό, μέσα στα κανάλια του περιβλήματος που σχηματίζονται από τα σταθερά του πτερύγια (πτερύγια διάχυσης). Αυτά τα κανάλια έχουν βαθμιαίως αυξανόμενη διατομή, με αποτέλεσμα να ελαττώνουν την ταχύτητα του υγρού που εγκαταλείπει την πτερωτή, οπότε αυξάνεται η πίεση.

Το **σχήμα** του περιβλήματος είναι **κυλινδρικό** και η **πτερωτή** είναι **συγκεντρικά** τοποθετημένη μέσα σ' αυτό (Σχ.3.2).

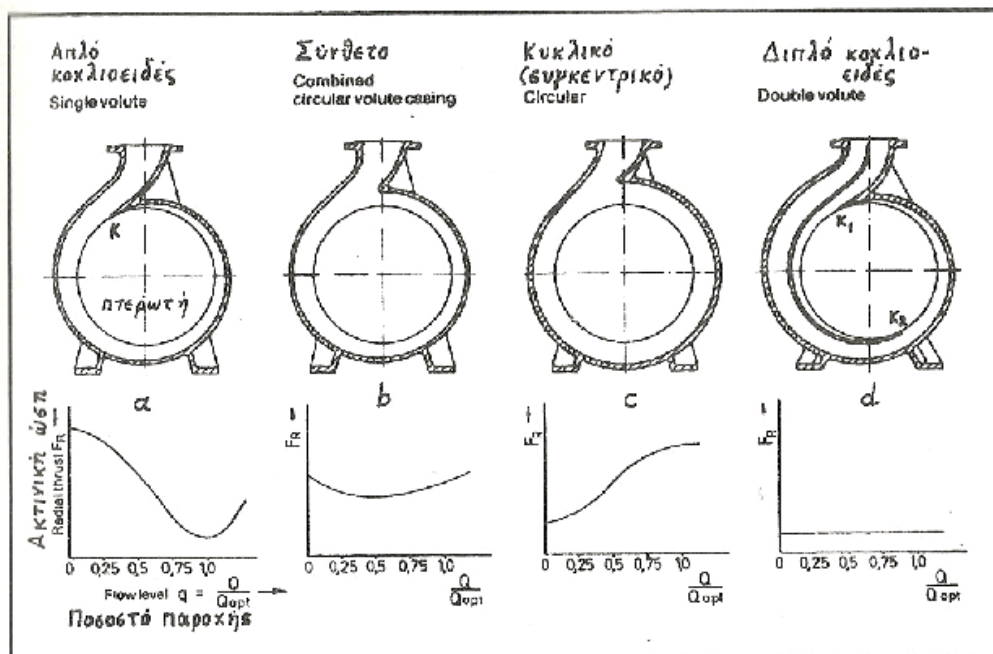


Σχ.3.2 Αντλία με σταθερά πτερύγια. [Μαυρουδής, 1984]

Περίβλημα με σταθερά πτερύγια, συνήθως έχουν οι πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες. Ως βασικό **μειονέκτημα** αυτού του τύπου περιβλήματος, είναι ότι σε συνθήκες λειτουργίας που διαφέρουν σημαντικά από τις συνθήκες σχεδιασμού, συμβαίνει **αποκόλληση της ροής** από την επιφάνεια των σταθερών πτερυγίων, με αποτέλεσμα σημαντική **πτώση του βαθμού απόδοσης**. [Μαυρουδής, 1984]

### 3.2.2 Αντλίες με σπειροειδές κέλυφος

Το υγρό στις αντλίες αυτές, μετά την έξοδο του από την πτερωτή οδηγείται σε έναν αγωγό σπειροειδούς σχήματος, όπου η ταχύτητα του μειώνεται βαθμιαία μέχρι την έξοδο προς τον σωλήνα κατάθλιψης. Αντίθετα, η πίεση του αυξάνεται. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.3.3) φαίνονται οι διάφοροι τύποι σπειροειδών κελυφών που υπάρχουν.



Σχ.3.3 Τύποι σπειροειδούς κελύφους και αντίστοιχες καμπύλες ακτινικής ώσης. [Μαυρουδής, 1984]

Στις αντλίες με **απλό κοχλιοειδές κέλυφος**, η πτερωτή είναι **έκκεντρα** τοποθετημένη ως προς το κέλυφος. Η απόσταση της περιφέρειας της πτερωτής από το κέλυφος είναι ελάχιστη στο σημείο K. Η αιχμή που σχηματίζει το κέλυφος στο σημείο K, ονομάζεται **αιχμή κοπής νερού**.

Η κατανομή της πίεσης του υγρού γύρω από την πτερωτή δεν είναι ομοιόμορφη, οπότε προκύπτει **ακτινική δύναμη(ώση)**, η οποία παραλαμβάνεται από τα έδρανα του άξονα της πτερωτής. Η ακτινική ώση, είναι ελάχιστη όταν η αντλία λειτουργεί σε συνθήκες πολύ κοντά στις συνθήκες σχεδίασής της, δηλαδή στην βέλτιστη παροχή. Όμως, σε συνθήκες που απέχουν πολύ από το βέλτιστο σημείο, η ακτινική ώση αυξάνεται δραστικά και μπορεί να προκαλέσει γρήγορη φθορά των εδράνων. Το πρόβλημα αυτό είναι εντονότερο στις μεγάλες αντλίες, με μεγάλες διαμέτρους και ταχύτητες πτερωτής, όπου η μεγάλη ακτινική ώση μπορεί να προκαλέσει κάμψη του άξονα και φθορά στις στεγανοποιητικές διατάξεις. Η λύση του προβλήματος δίνεται με το **διπλό κέλυφος**. Εδώ, ένα διαχωριστικό τοίχωμα του περιβλήματος διαχωρίζει τη ροή γύρω από την πτερωτή, ζυγοσταθμίζοντας τα υδραυλικά φορτία. Υπάρχουν **δύο αντιδιαμετρικά σημεία κοπής νερού**, τα K1 και K2. Έτσι, η ακτινική ώση ελαττώνεται σημαντικά και παραμένει σταθερή για όλη την περιοχή λειτουργίας της αντλίας.

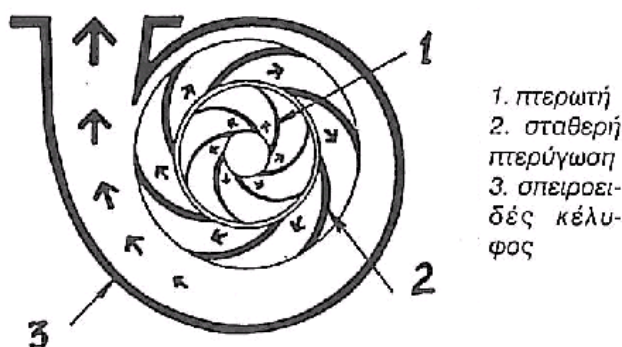
Μία άλλη προσέγγιση του θέματος, γίνεται με το **κυκλικό κέλυφος** που είναι **συγκεντρικό** στην πτερωτή. Εδώ, αντίθετα από τις συμβατικές αντλίες απλού

κοχλιοειδούς κελύφους, η απόσταση της περιφέρειας της πτερωτής από το κέλυφος είναι σταθερή περιμετρικά. Η ακτινική ώση είναι μέγιστη στο βέλτιστο σημείο λειτουργίας, που είναι και το σημείο σχεδιασμού της αντλίας. Έτσι, καλύπτονται όσο αναφορά τη ακτινική ώση όλες οι υπόλοιπες πιθανές περιοχές λειτουργίας.

Μία ενδιάμεση λύση, ανάμεσα στο απλό κοχλιοειδές(συμβατικό) και το κυκλικό κέλυφος είναι το σύνθετο ή συνδυασμένο κέλυφος. Η διακύμανση της ακτινικής ώσης σε συνάρτηση με το ποσοστό παροχής, για κάθε τύπο κελύφους φαίνεται στο σχήμα 3.3.[Μαυρουδής, 1984]

### 3.2.3 Αντλίες με περίβλημα μικτού τύπου

Αν χρησιμοποιηθεί σταθερή πτερύγωση μέσα σε περίβλημα όχι κυλινδρικό, αλλά σπειροειδές, τότε προκύπτει ο μικτός τύπος του **σπειροειδούς κελύφους με σταθερή πτερύγωση** (Σχ.3.4). Σε αυτόν τον τύπο περιβλήματος, η αύξηση της πίεσης του υγρού επιτυγχάνεται, τόσο μέσα στα σταθερά πτερύγια διάχυσης, όσο και στο σπειροειδές κέλυφος, που έχει βαθμιαία αυξανόμενη διατομή προς την κατεύθυνση της κατάθλιψης. Ο μικτός αυτός τύπος, συνδυάζει τις ιδιότητες και των δύο απλών τύπων, των οποίων αποτελεί σύνθεση. [Μαυρουδής, 1984]



Σχ.3.4 Σχηματική παράσταση αντλίας με περίβλημα μικτού τύπου (σπειροειδές κέλυφος με σταθερή πτερύγωση). [Μαυρουδής, 1984]

### 3.3 Είσοδος αντλιών

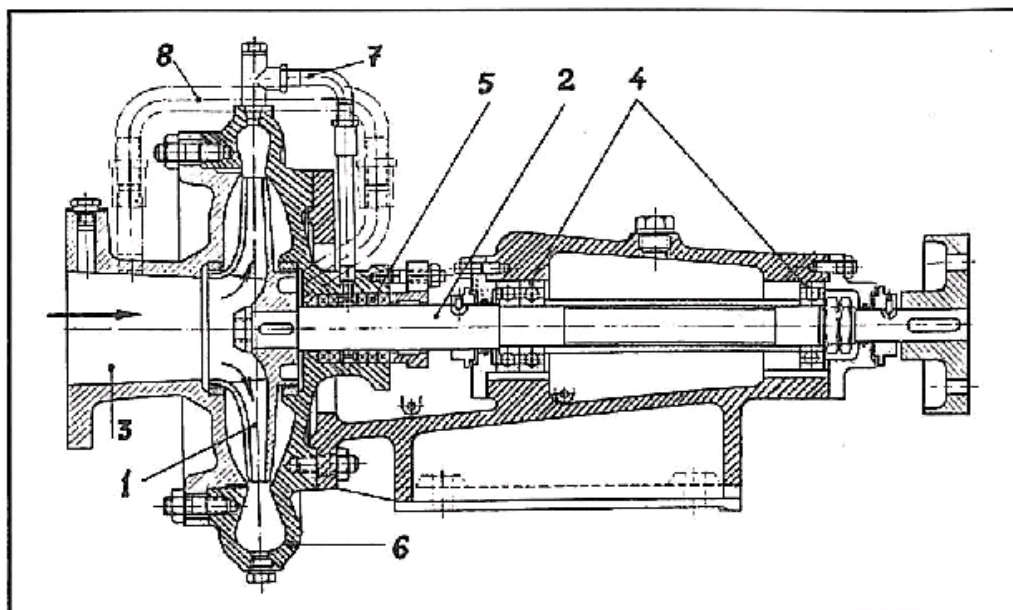
Όσον αναφορά την είσοδο του υγρού στην πτερωτή, υπάρχουν δύο είδη αντλιών:

- απλής εισόδου ή μονόπλευρης αναρρόφησης
- διπλής εισόδου ή αμφίπλευρης αναρρόφησης

Στην αντλία απλής εισόδου, το υγρό εισέρχεται στη πτερωτή την μια μόνο πλευρά. Ενώ, στην αντλία διπλής εισόδου το υγρό εισέρχεται και από τις δύο πλευρές της συμμετρικής πτερωτής. Εννοείται ότι, στην αντλία διπλής εισόδου υπάρχει και κατάλληλα διαμορφωμένο κέλυφος, που είναι και αυτό συμμετρικό ως προς το μεσοκάθετο επίπεδο στον άξονα της αντλίας.

### 3.3.1 Αντλίες Απλής Εισόδου

Η αντλία απλής εισόδου είναι ο απλούστερος τύπος αντλίας (Σχ.3.5).



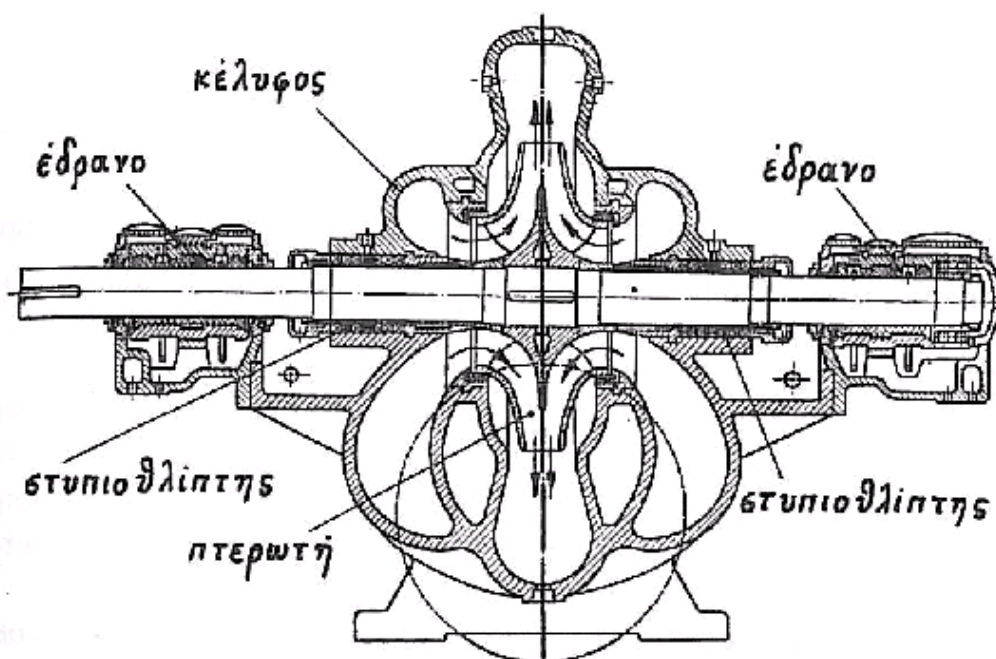
Σχ.3.5 Αντλία απλής εισόδου. [Μαυρουδής, 1984]

Η περωτή (1) είναι προσαρμοσμένη στο άκρο του άξονα (2). Το υγρό οδηγείται από τον σωλήνα αναρρόφησης, μέσα από το στόμιο εισόδου (3) κατευθείαν στο κέντρο της περωτής. Ο άξονας περιστρέφεται πάνω σε δύο έδρανα (4), που έχουν αρκετή απόσταση μεταξύ τους. Ένας στυπιοθλίπτης (5), αρκεί για την στεγανοποίηση της διέλευσης του άξονα μέσα από το κέλυφος (6). Ο στυπιοθλίπτης, ψύχεται και λιπαίνεται με υγρό μέσα από την κατάθλιψη μέσω του σωλήνα (7).

Στις αντλίες απλής αναρρόφησης δημιουργείται μία αξονική ώση, που τείνει να μετατοπίσει την περωτή προς το στόμιο αναρρόφησης. Η δύναμη αυτή προκαλείται από την διαφορά πίεσης που υπάρχει στις δύο πλευρές της περωτής. Την αξονική ώση, είτε την αφήνουμε να την παραλάβουν τα έδρανα όταν είναι σχετικά μικρή, ή φροντίζουμε να την εξισορροπήσουμε με διάφορες μεθόδους, όπως π.χ με οπές στον οπίσθιο δίσκο της περωτής ή με την επικοινωνία του χώρου εμπρός και πίσω από την περωτή με σωλήνα εξισορρόφησης(8). [Μαυρουδής, 1984]

### 3.3.2 Αντλίες Διπλής Εισόδου

Η τυπική δομή μίας αντλίας διπλής εισόδου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχ.3.6 Αντλίες διπλής εισόδου. [Μαυρουδής, 1984]

Το κέλυφος διαιρείται αξονικά και δεν έχει σταθερή περύγωση. Τα στόμια εισόδου και εξόδου είναι ενσωματωμένα στο κάθε ημικέλυφος. Λόγω της συμμετρίας η πίεση και από τις δύο πλευρές της πτερωτής είναι ίδια. Θεωρητικά λοιπόν, οι αντλίες διπλής εισόδου έχουν υδραυλική εξισορρόπηση και δεν εμφανίζουν αξονική ώση της πτερωτής. Στην πράξη βέβαια, υπάρχει μία μικρή αξονική ώση, που οφείλεται σε κατασκευαστικές ατέλειες ή άνισες φθορές εξαρτημάτων.

Οι αντλίες διπλής εισόδου εκτός από το πλεονέκτημα της μηδενικής αξονικής ώσης, πλεονεκτούν και στο ότι παρουσιάζουν μικρή ταχύτητα ροής στην είσοδο λόγω του διπλού αγωγού αναρρόφησης. Για αυτό τον λόγο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγάλες παροχές. [Μαυρουδής, 1984]

### 3.4 Πτερωτή αντλιών

Η πτερωτή είναι το σπουδαιότερο μέρος της φυγόκεντρης αντλίας. Αποτελείται από την πλήμνη (με την οποία σφηνώνεται στον άξονα) και τα πτερύγια. Τα πτερύγια, συνήθως έχουν κλίση αντίθετη με την φορά περιστροφής της πτερωτής.

Υπάρχουν τρία είδη πτερωτής:

- η κλειστή
- η ημίκλειστη
- η ανοικτή,

οι οποίες φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.3.7).



Σχ.3.7 Τύποι πτερωτών φυγοκεντρικών αντλιών. [Ακριτίδης, 1985]

### 3.4.1 Η Κλειστή Πτερωτή

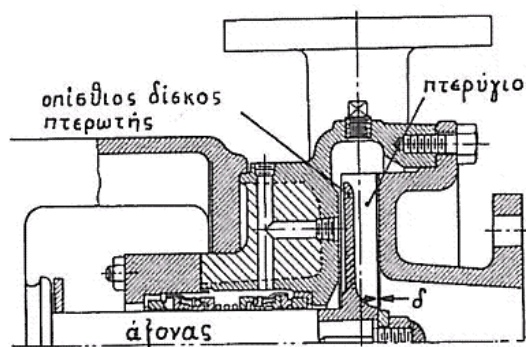
Η κλειστή πτερωτή αποτελείται από δύο δίσκους μεταξύ των οποίων βρίσκονται τα πτερύγια. Στις αντλίες απλής εισόδου ο ένας δίσκος έχει στο κέντρο του μία οπή, από την οποία εισέρχεται το υγρό στα πτερύγια. Στις αντλίες διπλής εισόδου υπάρχουν οπές και στους δύο δίσκους. Η διάμετρος της οπής συμπίπτει με την εσωτερική διάμετρο του στομίου εισόδου του κελύφους ακριβώς μπροστά από την πτερωτή, για να έχουμε ομαλή είσοδο του υγρού στη πτερωτή.

Οι αντλίες με πτερωτή κλειστού τύπου **πλεονεκτούν** γιατί έχουν **μεγάλο βαθμό απόδοσης**, αναπτύσσουν υψηλή πίεση, εμφανίζουν μικρότερη αξονική ώση και παρουσιάζουν μικρότερη τάση για σπηλαίωση.

Το **μειονέκτημα** τους είναι ότι μπορεί να φράζουν σχετικά **εύκολα** και για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούνται για άντληση μόνο καθαρών σχετικά υγρών, εκτός αν είναι ειδικά σχεδιασμένες. [Μαυρουδής, 1984]

### 3.4.2 Η Ημίκλειστη Πτερωτή

Στην ημίκλειστη πτερωτή δεν υπάρχει ο εμπρόσθιος δίσκος με την οπή εισόδου, αλλά μόνο ο οπίσθιος δίσκος πάνω στον οποίο είναι στερεωμένα τα πτερύγια και που αποτελεί συνέχεια της πλήμνης.



Σχ.3.8 Φυγοκεντρική αντλία με ημίκλειστη πτερωτή. [Μαυρουδής 1984]

Στις αντλίες αυτές, πρέπει το διάκενο μεταξύ των πτερυγίων και της εσωτερικής επιφάνειας του καμπυλώματος του κελύφους να είναι όσο το δυνατό μικρότερο (Σχ.3.8). Έτσι ελαττώνονται οι διαφυγές του υγρού και επιτυγχάνεται ικανοποιητικός βαθμός απόδοσης, που όμως είναι κατά κανόνα μικρότερος από ότι στις αντλίες με κλειστές πτερωτές. [Μαυρουδής, 1984]

### **3.4.3 Η Ανοικτή Πτερωτή**

Η ανοικτή πτερωτή δεν έχει ούτε εμπρόσθιο, ούτε οπίσθιο δίσκο και τα πτερύγια στερεώνονται μόνο στην πλήμνη.

Το **κύριο μειονέκτημα** των αντλιών με ανοικτή πτερωτή είναι ο **χαμηλός βαθμός απόδοσης** που εμφανίζουν. Αυτό γίνεται επειδή αξιόλογη ποσότητα υγρού ανακυκλοφορεί από το περίβλημα στο στόμιο εισόδου. Επίσης δε μπορούν να δημιουργήσουν αρκετά μεγάλο μανομετρικό ύψος.

Η χρήση των πτερωτών αυτών, εξαιτίας των παραπάνω, εφαρμόζεται σε ειδικές περιπτώσεις και ιδιαίτερα για άντληση νερού που περιέχει φερτές ύλες επειδή δεν φράζουν εύκολα. [Μαυρουδής, 1984]

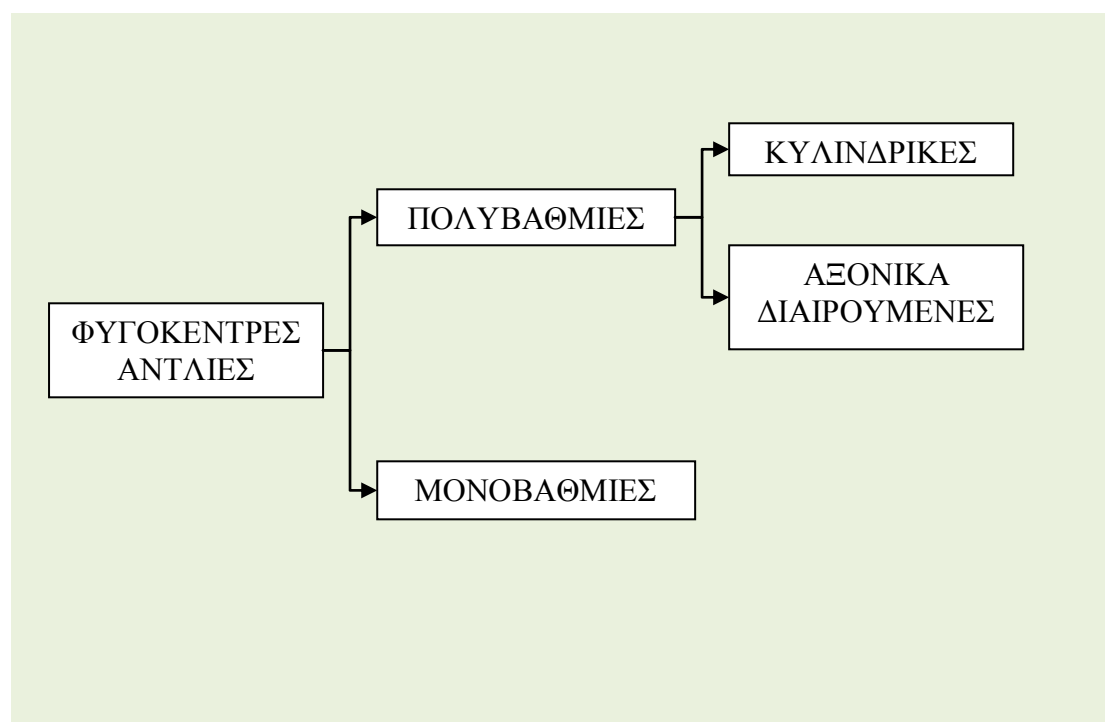
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΤΟΥΣ

Οι φυγοκεντρικές αντλίες βάσει του αριθμού των βαθμίδων τους διακρίνονται σε:

- **μονοβάθμιες**, όπου το ολικό μανομετρικό ύψος αναπτύσσεται σε μία πτερωτή.
- **πολυβάθμιες**, όπου το ολικό μανομετρικό ύψος αναπτύσσεται από δύο ή περισσότερες πτερωτές σε σειρά, μέσα σε κοινό περίβλημα.

**Βαθμίδα**, μίας πολυβάθμιας αντλίας ονομάζεται ο συνδυασμός μίας πτερωτής με μία διάταξη οδήγηση ροής.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία τύπων, που προκύπτει από την ποικιλία πτερωτών και περιβλημάτων, που χρησιμοποιούνται ανάλογα με την περίπτωση. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.4.1), αναλύονται οι διάφοροι τύποι πολυβάθμιων φυγοκεντρικών αντλιών.

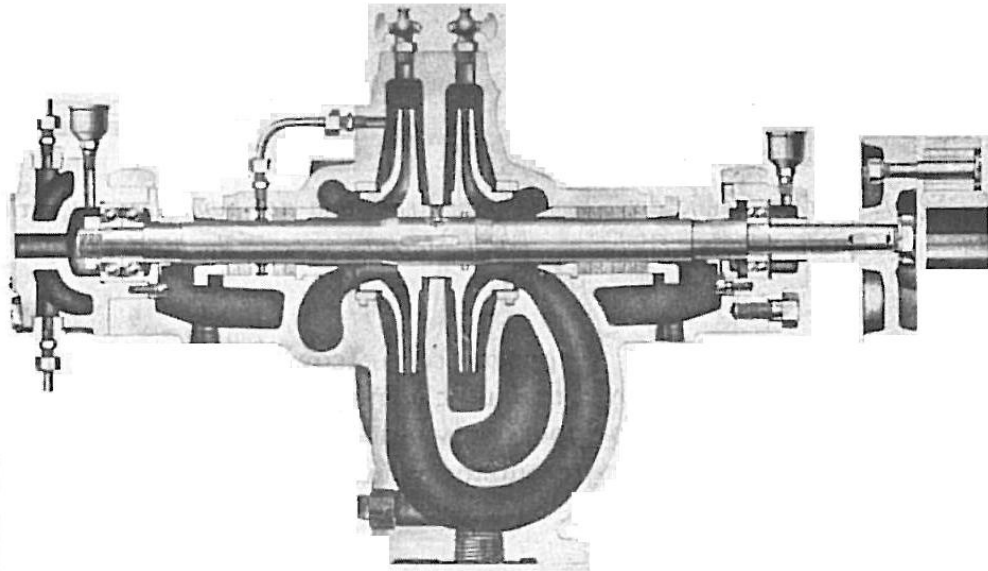


Σχ.4.1 Κατηγοριοποίηση φυγοκεντρικών αντλιών ως προς τις βαθμίδες τους.

Χαρακτηριστικό των πολυβάθμιων αντλιών είναι το γεγονός ότι σε αυτές αναπτύσσεται μεγαλύτερη **αξονική ώση**. Αυτό γίνεται επειδή στις πολυβάθμιες η αξονική ώση ισούται με το άθροισμα των αξονικών ώσεων όλων των πτερωτών. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος πραγματοποιείται είτε με την χρήση κατάλληλων **ωστικών εδράνων** είτε με **υδραυλική εξισορρόπηση**.

Η υδραυλική εξισορρόπηση επιτυγχάνεται με την χρήση πτερωτών διπλής εισόδου και με την τοποθέτηση των πτερωτών απλής εισόδου αντίθετα κατά ζεύγη (Σχ.4.2), οπότε οι αξονικές δυνάμεις ως αντίθετες εξισορροποούνται.





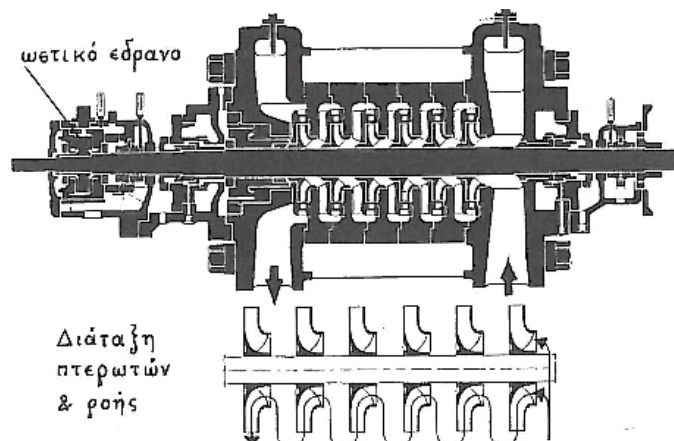
Σχ.4.2 Αντλία δύο βαθμίδων με τις περωτές τοποθετημένες αντίθετα. [Μαυρουδής, 1984]

Όπως φαίνεται στο σχήμα, οι βασικοί τύποι πολυβάθμιων αντλιών είναι οι **κυλινδρικές** και οι **αξονικά διαιρούμενες**. Θα αναλύσουμε τον καθένα από αυτούς τους δύο τύπους.

#### Κυλινδρικές αντλίες

Οι αντλίες αυτές έχουν περωτές απλής εισόδου και περίβλημα κυλινδρικό, σταθερών περυγίων που αποτελείται από συναρμολογούμενους δακτύλιους, ένα για κάθε βαθμίδα. Κάθε δακτύλιος έχει σταθερά οδηγία περύγια, που οδηγούν το υγρό από την έξοδο της προηγούμενης στην είσοδο της επόμενης περωτής. Η χρήση τους απευθύνεται κυρίως σε τροφοδοτικές αντλίες λεβήτων και σε αντλίες βαθέων φρεατίων (πομόνες). [Μαυρουδής, 1984]

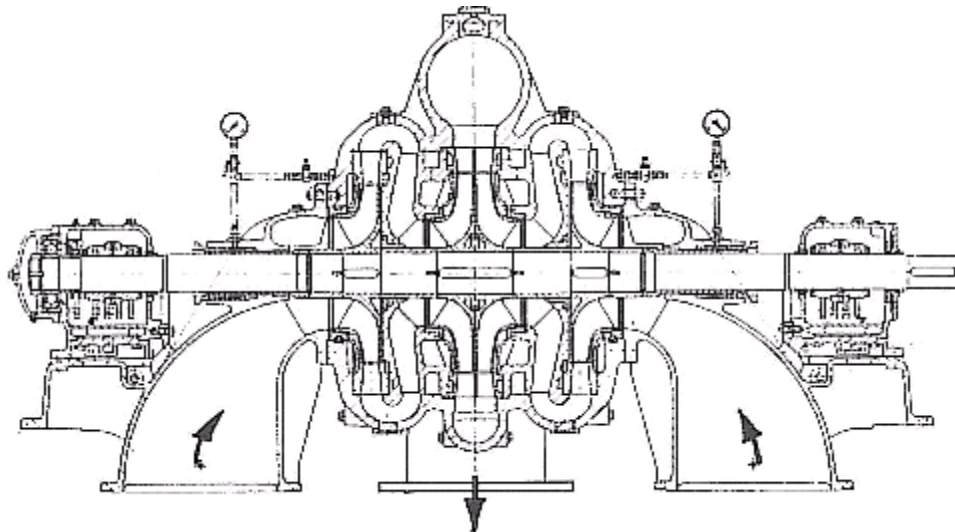
Το παρακάτω σχήμα (Σχ.4.3) παρουσιάζει μία εξαβάθμια κυλινδρική αντλία.



Σχ. 4.3 Κυλινδρική εξαβάθμια αντλία με ωστικό έδρανο. [Μαυρουδής, 1984]

### Αξονικά διαιρούμενες αντλίες

Οι αντλίες αυτές έχουν περωτές είτε απλής είτε διπλής εισόδου και σπειροειδές περίβλημα. Το περίβλημα (κέλυφος) αποτελείται από δύο **ημικελύφη** συναρμολογούμενα με κοχλίες στο επίπεδο του άξονα. Επίσης, παρουσιάζουν υδραυλική εξισορρόπηση με χρήση αντίθετων περωτών σε ποικίλες διατάξεις. Μάλιστα, η χρησιμοποίηση περωτών διπλής εισόδου μας δίνει περισσότερες δυνατότητες. Οι περωτές διπλής εισόδου τοποθετούνται είτε σε όλες τις βαθμίδες, είτε μόνο στην περωτή, είτε στο μέσο. Στην τελευταία περίπτωση η αντλία διπλής εισόδου είναι και διπλής ροής. [Μαυρουδής, 1984]



Σχ.4.4 Διβάθμια αξονικά διαιρούμενη αντλία διπλής ροής για μεγάλες παροχές και μέσες πιέσεις (WATERWORKS PUMP).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ

### 5.1 Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης

Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης ονομάζονται αυτές που μπορούν να εκκινήσουν χωρίς να είναι πληρωμένες (γεμάτες) με νερό. Οι αντλίες αυτές κατά την έναρξη της λειτουργίας τους αφαιρούν τον αέρα από το σωλήνα αναρρόφησης. Επίσης, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους αφαιρούν και εκδιώκουν στον σωλήνα κατάθλιψης, τον αέρα που τυχόν θα εισχωρήσει στην αναρρόφηση, ώστε να μη διακοπεί η άντληση.

Οι φυγόκεντρικές αντλίες εκτός εξαιρέσεων είναι αντλίες **όχι αυτόματης αναρρόφησης**. Ο λόγος είναι ότι, η φυγόκεντρη δύναμη δεν είναι αρκετή για να απομακρύνει τον αέρα που βρίσκεται ανάμεσα στα περύγια της περωτής και στη συνέχεια να δημιουργήσει κενό στον σωληναναρρόφησης για να προκαλέσει άνοδο της στάθμης του υγρού.

Η σημαντικότητα της λειτουργίας της αυτόματης αναρρόφησης, οδήγησε τους κατασκευαστές σε διάφορες μετατροπές, οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα αυτόματης αναρρόφησης. Παρακάτω αναλύονται δύο από τις μετατροπές αυτές.

#### Αντλίες με Ειδικό Διπλό Κέλυφος

Μία μέθοδος κατασκευής φυγόκεντρης αντλίας με αυτόματη αναρρόφηση είναι αυτή που στηρίζεται στην **αρχή της διάχυσης**. Οι αντλίες αυτές έχουν ειδικά διαμορφωμένο κέλυφος, που για τη πρώτη εκκίνηση το γεμίζουμε με το αντλούμενο υγρό και το οποίο παραμένει γεμάτο ή σχεδόν γεμάτο όταν η αντλία σταματήσει. Με τη περιστροφή της περωτής το υγρό ωθείται στη περιφέρεια της, ενώ στο κέντρο της δημιουργείται υποπίεση. Εξαιτίας της υποπίεσης αναρροφάται ο υπάρχων αέρας στον σωληναεισόδου. Υγρό και αέρας αναμιγνύονται και επειδή η ταχύτητα του υγρού είναι σχετικά μικρή, ο αέρας διαχωρίζεται από το υγρό και διαφεύγει προς το σωλήνα κατάθλιψης.

Ο βαθμός απόδοσης των αντλιών αυτού του τύπου επηρεάζεται αρνητικά, από την ειδική διαμόρφωση του κελύφους και από την ύπαρξη θαλάμου διαχωρισμού αέρα και υγρού. Λόγω του **χαμηλού βαθμού απόδοσης**, οι αντλίες αυτές κατασκευάζονται για μικρές ισχύς. Το πλεονέκτημα τους είναι ότι με την χρήση περωτών μικρού αριθμού περυγίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για **ακάθαρτα υγρά**.

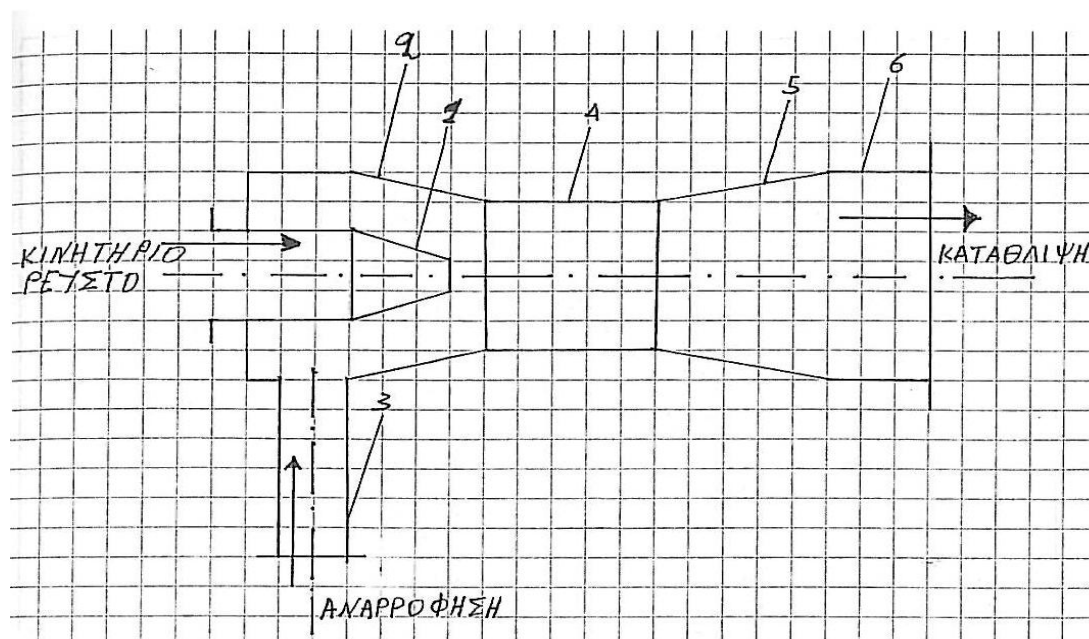
#### Αντλίες με Εγχυτήρα

Μία άλλη μέθοδος μετατροπής μίας φυγόκεντρης αντλίας όχι αυτόματης αναρρόφησης σε αντλία αυτόματης αναρρόφησης στηρίζεται στην χρήση εγχυτήρα.

Θεωρήσαμε σκόπιμο να αναφέρουμε την **αρχή λειτουργίας του εγχυτήρα**.

Στον εγχυτήρα (Σχ.5.1), η ενέργεια μεταδίδεται από ένα ρευστό που λέγεται **κινητήριο** σε ένα άλλο ρευστό που ονομάζεται **αντλούμενο**. Κατά τη λειτουργία του εγχυτήρα τα δύο ρευστά (κινητήριο και αντλούμενο) αναμιγνύονται. Το κινητήριο ρευστό διοχετεύεται με πίεση μέσα από το ακροφύσιο (1). Η διατομή του ακροφυσίου ελαττώνεται κατά μήκος, οπότε η ταχύτητα ροής αυξάνεται. Η κινητική

ενέργεια του ρευστού το οποίο βγαίνει με μεγάλη ταχύτητα από το ακροφύσιο μεταδίδεται στα μόρια του αντλούμενου υγρού που το περιβάλλουν, τα οποία συμπαρασύρονται προς την έξοδο και έτσι δημιουργείται υποπίεση στο θάλαμο αναρρόφησης (2). Η υποπίεση αυτή αναρροφά νέες ποσότητες αντλούμενου υγρού από το σωλήνα αναρρόφησης (3).



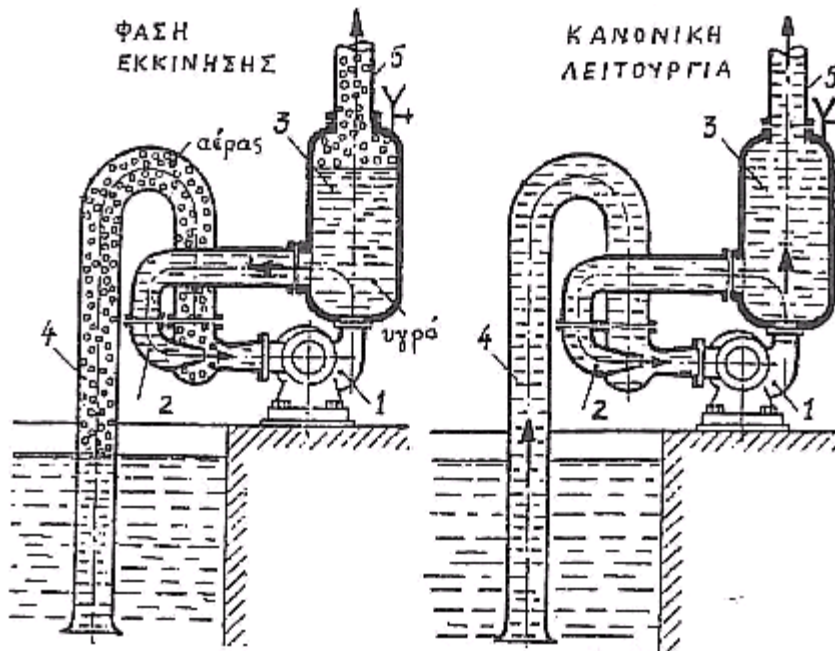
Σχ.5.1 Σκαρίφημα εγχυτήρα. [Φελώνης, 2009]

Η μετάδοση κινητικής ενέργειας από τον κινητήριο στο αντλούμενο ρευστό, γίνεται μέσω δυνάμεων τριβής και ανταλλαγής της ορμής στην επιφάνεια της φλέβας του κινητήριου ρευστού. Η μετάδοση αυτή πραγματοποιείται στο θάλαμο ανάμιξης. Έπειτα, το μίγμα οδηγείται στο αποκλίνον ακροφύσιο (5), όπου ελαττώνεται η ταχύτητα του και αυξάνεται η πίεση του. Από εκεί, το μίγμα ρέει στον σωληνακατάθλιψη.

Ο εγχυτήρας μπορεί να τοποθετηθεί είτε **εσωτερικά**, είτε **εξωτερικά**, ανάλογα με μέγεθος της φυγόκεντρης αντλίας.

Σε **μικρές αντλίες** τοποθετείται **εσωτερικά**, δηλαδή μέσα στο κέλυφος της αντλίας. Η αντλία γεμίζεται με το αντλούμενο υγρό για τη πρώτη εκκίνηση. Η πτερωτή με τη περιστροφή της καταθλίβει το υγρό στο ακροφύσιο του εγχυτήρα σαν κινητήριο ρευστό. Έτσι προκαλείται αναρρόφηση του αέρα του σωλήνα αναρρόφησης και εκδίωξη του προς τη κατάθλιψη αφού περάσει μέσα από τη πτερωτή.

Σε **μεγάλες αντλίες** τοποθετείται **εξωτερικά**, δηλαδή έξω από το κέλυφος της αντλίας. Εδώ, το κέλυφος της αντλίας δε μπορεί να χωρέσει επαρκή ποσότητα υγρού για τη πρώτη εκκίνηση. Για αυτό τον λόγο, το κέλυφος συνδέεται με ένα δοχείο κατάλληλων διαστάσεων που γεμίζει με υγρό (Σχ 5.2).



Σχ.5.2 Αντλία με εξωτερικό εγχυτήρα και δοχείο (1.αντλία, 2.εγχυτήρας, 3.δοχείο, 4.σωλήνας αναρρόφησης, 5.σωλήνας κατάθλιψης). [Φελώνης, 2009]

Ο **βαθμός απόδοσης** και στις αντλίες αυτές, όπως και στις αντλίες με ειδικό διπλό κέλυφος, είναι **χαμηλός**. Ο λόγος είναι η ανακυκλοφορία του υγρού μέσα από τον εγχυτήρα κατά τη κανονική λειτουργία. Το πλεονέκτημα τους είναι το μεγάλο ύψος αναρρόφησης.

## 5.2 Αντλίες Μη Αυτόματης Αναρρόφησης

Αντλίες μη αυτόματης αναρρόφησης, ονομάζονται αυτές που δεν έχουν ούτε εκ κατασκευής δυνατότητα αυτόματης αναρρόφησης, ούτε έχουν υποστεί κάποια μετατροπή ώστε να έχουν τη δυνατότητα αυτή.

Στην περίπτωση αυτή, η δυνατότητα αναρρόφησης εξασφαλίζεται με μετατροπές που αφορούν τη σωλήνωση και όχι την αντλία. Ορισμένες από αυτές τις μετατροπές αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω.

Μία μέθοδος για την εξασφάλιση της αναρρόφησης είναι η τοποθέτηση της αντλίας χαμηλότερα από τη στάθμη του υγρού, όταν αυτό είναι εφικτό. Έτσι, η αντλία και ο σωλήνας αναρρόφησης γεμίζουν υγρό εξαιτίας της βαρύτητας. Οπότε δεν χρειάζεται η χρήση αυτόματης αντλίας αναρρόφησης.

Μία άλλη μέθοδος είναι το γέμισμα της αντλίας και του σωλήνα αναρρόφησης με υγρό από εξωτερική πηγή (δεξαμενή, άλλη αντλία, δίκτυο). Η πλήρωση πραγματοποιείται είτε λίγο πριν την εκκίνηση της αντλίας είτε ταυτόχρονα. Όταν η αντλία σταθεροποιήσει τη λειτουργία της, διακόπτεται το γέμισμα ή η σύνδεση με την εξωτερική πηγή. Η πλήρωση πραγματοποιείται από ειδική οπή που βρίσκεται στο κέλυφος της αντλίας.

Άλλοι τρόποι είναι η χρήση ποδοβαλβίδας, η εκκένωση του αέρα με χρήση αντλιών κενού κ.λπ. [Μαυρουδής, 1984]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.

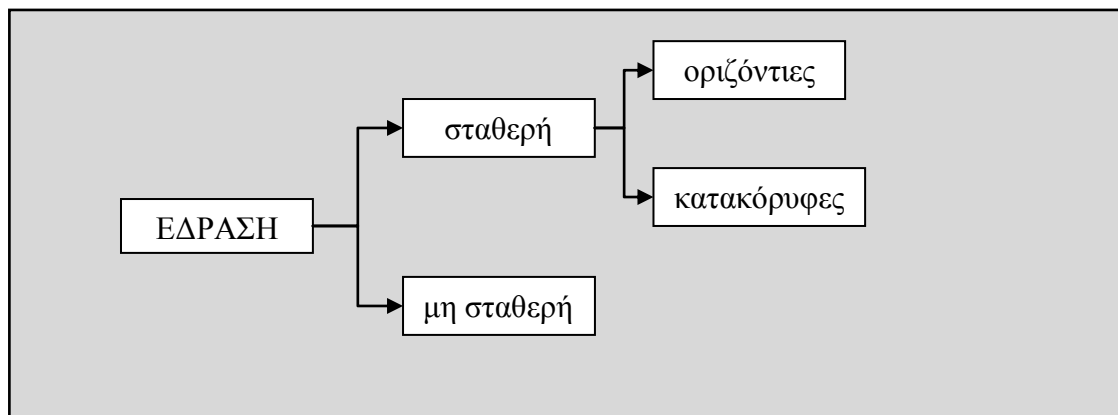
### 6.1 Γενικά

Η εγκατάσταση μίας αντλίας πραγματοποιείται με την τοποθέτηση της αντλίας και του κινητήρα στη θέση λειτουργίας τους μαζί με όλες τις απαραίτητες συνδέσεις των σωληνώσεων.

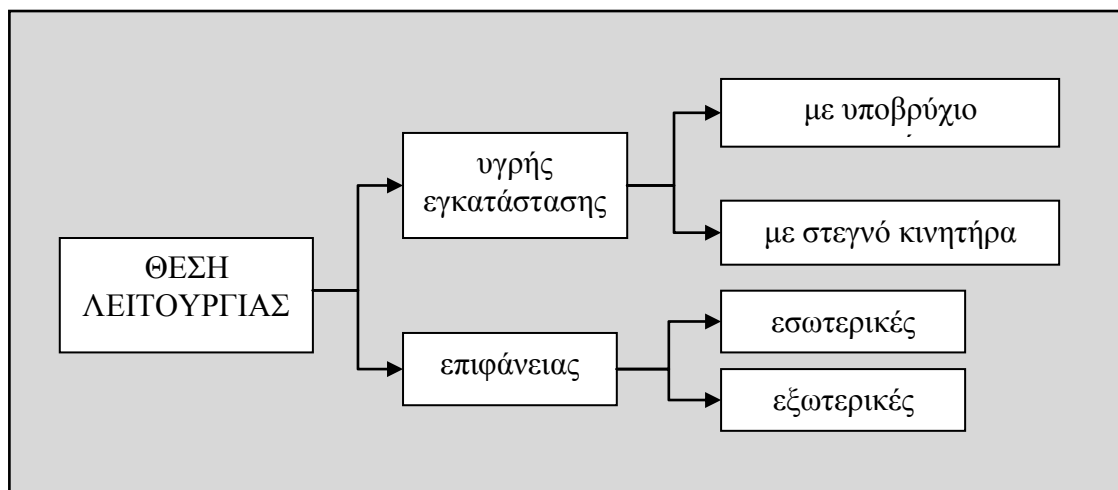
Η εγκατάσταση προϋποθέτει ότι όλες οι δυνάμεις και οι ροπές μεταφέρονται με ασφάλεια στην έδραση του αντλητικού συγκροτήματος ή στην ίδια τη σωλήνωση.

Η κατάταξη των αντλιών ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης, μπορεί να γίνει κατά δύο έννοιες:

1. ως προς την έδραση τους (Σχ.6.1)
2. ως προς την θέση λειτουργίας τους (Σχ.6.2)



Σχ.6.1 Κατηγοριοποίηση φυγοκεντρικών αντλιών ως προς την έδραση τους.



Σχ.6.2 Κατηγοριοποίηση φυγοκεντρικών αντλιών ως προς τη θέση λειτουργίας τους.

## 6.2 Αντλίες με σταθερή έδραση

### 6.2.1 Οριζόντιες αντλίες

Οι οριζόντιες αντλίες είτε εδράζονται σε κοινή βάση (Σχ.6.3) με τον κινητήρα, είτε είναι προσαρμοσμένες σε αυτόν (Σχ.6.4).



Σχ.6.3 οριζόντια φυγοκεντρική αντλία σε κοινή βάση με τον κινητήρα



Σχ.6.4 ηλεκτρικός κινητήρας προσαρμοσμένος στην αντλία

Για μεγάλα αντλητικά συγκροτήματα ή συγκροτήματα με μειωτήρες στροφών η κάθε μονάδα (αντλία ,κινητήρας) εδράζεται σε ιδιαίτερη βάση. Κατά την εγκατάσταση γίνεται η εργασία της ευθυγράμμισης του αντλητικού συγκροτήματος. Το ίδιο συμβαίνει όταν για διάφορους λόγους ο κινητήρας βρίσκεται σε γειτονικό χώρο και μεταξύ αντλίας και κινητήρα μεσολαβεί στεγανή φρακτική ή τοίχος.

### 6.2.2 Κατακόρυφες αντλίες

Οι κατακόρυφες αντλίες έχουν το πλεονέκτημα ότι καταλαμβάνουν μικρότερη επιφάνεια του δαπέδου, επειδή ο κινητήρας τοποθετείται επάνω από την αντλία. Επίσης με την χρήση κατακόρυφων αξόνων κίνησης μεγάλου μήκους παρέχουν την δυνατότητα άντλησης από μεγάλο βάθος με την τοποθέτηση της αντλίας πολύ κοντά στη στάθμη του υγρού ή και μέσα στο υγρό. Ειδικά στην τελευταία περίπτωση, όπου η αντλία βρίσκεται μέσα στην δεξαμενή και μέσα στο υγρό(ενώ ο κινητήρας βρίσκεται έξω από το υγρό),υπάρχει το πλεονέκτημα ότι δεν υπάρχει σωλήνας αναρρόφησης και η αντλία δεν χρειάζεται να είναι αυτόματης αναρρόφησης.

Ανάλογα με το βάθος της δεξαμενής ή του φρέατος , τον διαθέσιμο χώρο και το είδος του υγρού, υπάρχουν διάφοροι τύποι κατάλληλων κατακόρυφων αντλιών. Οι αντλίες αυτές λέγονται και αντλίες με κατακόρυφο άξονα (Σχ.6.5).



α)



β)

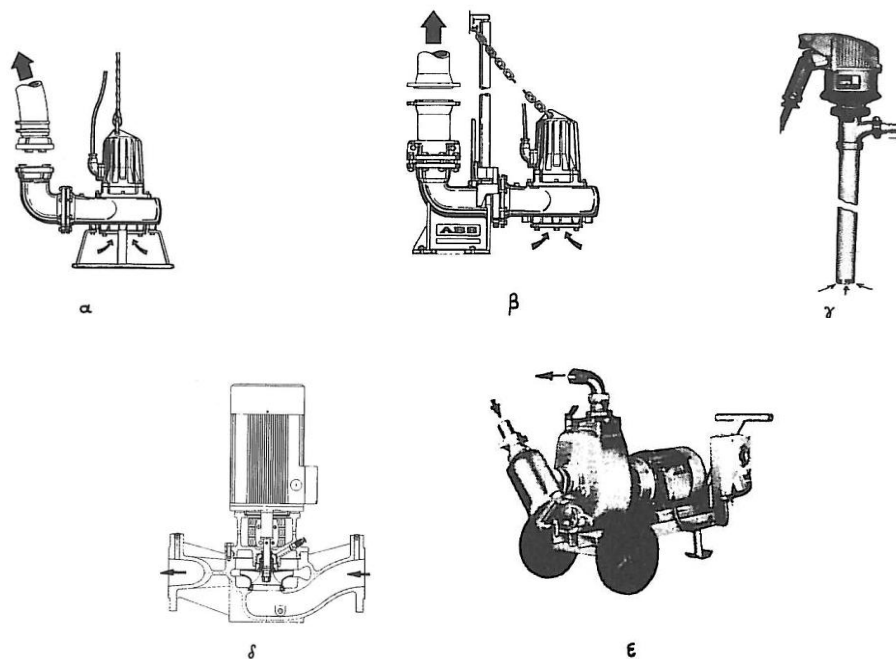
Σχ.6.5 Τύποι κατακόρυφων αντλιών: α) με βάση, β) δεξαμενής

Όταν το αντλούμενο υγρό είναι ακατάλληλο για λίπανση των τριβέων του κατακόρυφου άξονα, χρησιμοποιείται ξεχωριστό σύστημα λίπανσης. Όταν το αντλούμενο υγρό (νερό, πετρέλαιο) είναι καθαρό, τότε είναι κατάλληλο για λίπανση των τριβέων. Στις αντλίες αυτές, ο σωλήνας κατάθλιψης είναι συγκεντρικός και περιβάλλει τον άξονα κίνησης. Οι περωτές τους είναι συνήθως μικτής ροής (διαγώνιες αντλίες). Ο αριθμός των βαθμίδων τους εξαρτάται από το βάθος άντλησης και γενικά από το απαιτούμενο μανομετρικό ύψος. Ο άξονας κίνησης αποτελείται από τμήματα που συνδέονται μεταξύ τους με κοχλιωτούς συνδέσμους. Για αποφυγή της αντίστροφης φοράς περιστροφής, οπότε θα υπάρχει κίνδυνος να αποκοχλιωθούν οι συνδέσεις, τοποθετείται στην κεφαλή της αντλίας <<καστάνια>> που επιτρέπει τη περιστροφή κατά μία μόνο φορά. Σε πολλές αντλίες τύπου βαθέων φρεάτων στο κατώτερο τμήμα του άξονα υπάρχει ειδικός σύνδεσμος και διαιρούμενο έδρανο που επιτρέπει την αποσυναμολόγηση της αντλίας χωρίς αφαίρεση ενδιάμεσων σωληνώσεων. [Μαυρουδής, 1984]

### 6.3 Αντλίες μη σταθερής έδρασης

#### 6.3.1 Γενικά

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.6.6) παραθέτει ορισμένες περιπτώσεις αντλιών μη σταθερής έδρασης. Από τις αντλίες αυτές συχνή χρήση παρουσιάζουν οι αντλίες IN-LINE, οι οποίες κυρίως χρησιμοποιούνται σε συστήματα κυκλοφορίας υγρού και οι καταδύόμενες αντλίες οι οποίες κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται για άντληση λυμάτων. Παρακάτω θα αναλύσουμε τις αντλίες IN-LINE, ενώ οι καταδύόμενες αντλίες λυμάτων θα αναλυθούν σε επόμενη ενότητα.



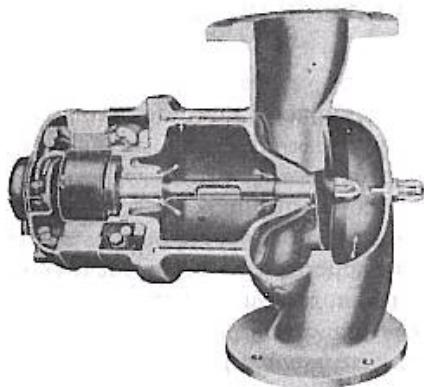
Σχ.6.6 Αντλίες χωρίς σταθερή έδραση: α) καταδύομενη, β) καταδύομενη με ταχυσύνδεσμο, γ) φορητή, δ) IN-LINE, ε) κινητή. [Μαυρουδής, 1984]



### 6.3.2 Αντλίες IN-LINE

Στις αντλίες IN-LINE το στόμιο αναρρόφησης και το στόμιο κατάθλιψης είναι ίδιου μεγέθους και ομοαξονικά τοποθετημένα. Η κύρια χρήση των αντλιών αυτών είναι η κυκλοφορία υγρου σε λέβητες και για τον λόγο αυτό ονομάζονται και κυκλοφορητές.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.6.7) παρουσιάζεται η τομή ενός κυκλοφορητή.



Σχ.6.7 Κυκλοφορητής για μικρές κεντρικές θερμάνσεις. [Ακριτίδης, 1985]

Σε περιπτώσεις όπου, το μέγεθος της αντλίας είναι μεγάλο και κατά συνέπεια το βάρος της, κατασκευάζεται ειδική βάση στήριξης στο κάτω μέρος του κελύφους. Αυτό διότι η αντλία δεν πρέπει να θεωρείται στήριξη σωληνώσεων ή το αντίθετο, καθώς στις περιπτώσεις αυτές θα παρουσιάσουν προβλήματα δυσλειτουργίας και κίνδυνος καταστροφής των εδράνων ή των σωληνώσεων λόγω καταπόνησης τους.

### 6.4 Αντλίες υγρής εγκατάστασης

#### 6.4.1 Γενικά

Υπάρχουν δύο είδη αντλιών υγρής εγκατάστασης:

- i) με στεγνό κινητήρα
- ii) με υποβρύχιο κινητήρα

Στις αντλίες με **στεγνό κινητήρα**, η αντλία είναι βυθισμένη μέσα στο υγρό και παίρνει κίνηση με επιμήκη κατακόρυφο άξονα από τον κινητήρα που **βρίσκεται έξω από το υγρό**.

Οι αντλίες με υποβρύχιο κινητήρα αποτελούν μια συνεχώς εξελίξιμη κατηγορία αντλιών. Οι αντλίες με **υποβρύχιο κινητήρα** χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις **καταδύμενες** και τις **υποβρύχιες**. Παρακάτω αναλύονται αυτές οι δύο κατηγορίες αντλιών.

#### 6.4.2 Καταδυόμενες αντλίες

Οι καταδυόμενες αντλίες είναι κατασκευασμένες να αντλούν κυρίως ακάθαρτα υγρά, που μπορεί να περιέχουν αιωρούμενα στερεά μικρών ή μεγάλων διαστάσεων. Αυτός είναι και ο λόγος που αποδίδουν μεγάλες παροχές σε χαμηλά μανομετρικά ύψη.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.6.8) φαίνεται η μορφή μίας τυπικής καταδυόμενης αντλίας λυμάτων.


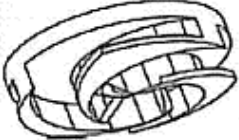

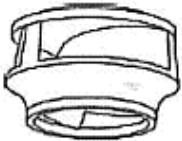
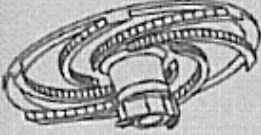


Σχ.6.8 Καταδυόμενη αντλία

Το βασικό στοιχείο διαφοροποίησης των καταδυόμενων αντλιών είναι η μορφή του πτερυγίου, το οποίο σχεδιάζεται ανάλογα με την χρήση της αντλίας. Οι μορφές των πτερωτών ανάλογα με το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.6.9).

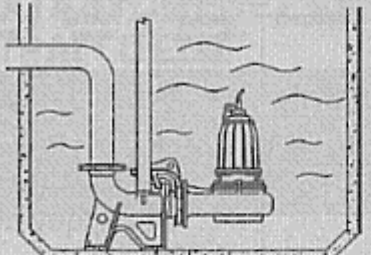
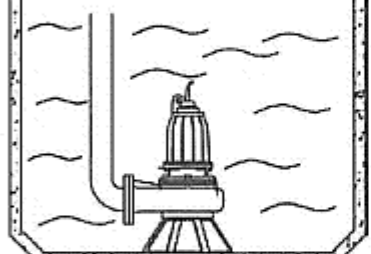
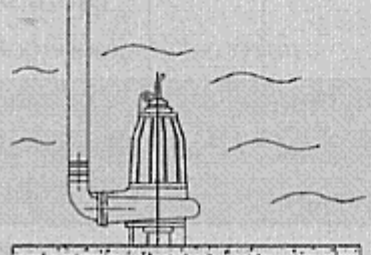
Από το σχήμα αυτό, παρατηρούμε ότι για μεγάλη διάμετρο αιωρημάτων χρησιμοποιούνται μονοκάναλες πτερωτές (ένα πτερύγιο) και όσο μικραίνει η διάμετρος των αιωρημάτων και όσο λιγότερο ακάθαρτο είναι το λύμα τοποθετούνται περισσότερα πτερύγια. Επίσης, είναι δυνατό η μορφή των πτερωτών να περιέχει κοπτήρες οι οποίες τεμαχίζουν το λύμα.

Διαφοροποίηση από τις παραπάνω πτερωτές (μονοκάναλες, πολυκάναλες) παρουσιάζει η πτερωτή τύπου VORTEX. Η πτερωτή αυτή αποτελείται από περισσότερα τους ενός πτερύγια και δεν έρχεται σε επαφή με το λύμα, απλώς η περιστροφή της προκαλεί μία δίνη η οποία ωθεί το υγρό στο στόμιο εξόδου. Με τον τρόπο αυτό διέξοδο εκφυγής έχουν όσα τεμάχια είναι μικρότερα της διατομής εξόδου (σχεδόν όλα) και για τον λόγο αυτό οι κατασκευαστές την χρησιμοποιούν περισσότερο από όλες τις άλλες κατηγορίες πτερωτών.

	ΤΥΠΟΣ ΦΙΕΡΟΙΣΗΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΗΛΑΟΥΜΕΝΟΥ ΥΓΡΟΥ				
		ΕΛΑΦΑΡΟ ΝΕΡΟ	ΑΙΜΟΚΡΙΣΤΙΝΗ	ΝΕΡΟ ΜΕ ΣΙΤΕΡΑ ΚΑΙ ΔΙΣΕ	ΝΕΡΟ ΜΕ ΣΙΤΕΡΑ	ΥΓΡΟ ΜΕ ΡΗΠΙΜΑΤΑ
	ΣΠΙΡΑΙΤΙΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΠΙΠΕΡΥΓΙΑ	✓				
	VORTEX		✓	✓	✓	✓
	ΜΟΝΟΚΑΝΑΛΗ	✓	✓	✓	✓	
	ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΥΠΟΥ	✓	✓		✓	✓
	ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΠΙΠΕΡΥΓΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΠΗΡΕΣ		✓	✓		

Σχ.6.9 Τύποι περωτών καταδύμενων αντλιών. [Φελώνης, 2009]

Οι αντλίες αυτές τοποθετούνται κυρίως σε φρεάτια και πρέπει να είναι βυθισμένες τουλάχιστον στο βάθος που έχει καθορίσει ο κατασκευαστής, ώστε να μη προκαλούνται προβλήματα στους κινητήρες οι οποίοι ψύχονται από το περιβάλλον υγρό. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι εγκατάστασης, οι οποίοι παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.6.10).

ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΨΥΞΗΣ		<p>Σταθερή υποβρύχια εγκατάσταση με συζευκτική βάση και ράγιες οδηγούς. Εξασφαλίζει την εύκολη επισκεψιμότητα της ηλεκτρικής αντλίας για επιθεώρηση και συντήρηση. Η ανάδυση της αντλίας γίνεται μέσω μιάς αλυσίδας. Η σταθερότητα της σύζευξης είναι εγγυημένη λόγω του βάρους της αντλίας. Ο κινητήρας ψύχεται από το περιβάλλον υγρό.</p>
ΤΡΙΠΟΔΗ ΒΑΣΗ		<p>Φορητή υποβρύχια εγκατάσταση με τρίποδη βάση. Ο κινητήρας ψύχεται από το περιβάλλον υγρό.</p>
ΚΑΜΠΥΛΗ ΕΞΟΔΟΥ 90°		<p>Ελεύθερη υποβρύχια εγκατάσταση με ποδοστήριγμα και ελικοτομημένη καμπύλη εξόδου 90°. Ο κινητήρας ψύχεται από το περιβάλλον υγρό.</p>

Σχ.6.10 Βασικοί τύποι εγκατάστασης καταδύμενων αντλιών. [Φελώνης, 2009]

### 6.4.3 Υποβρύγιες αντλίες

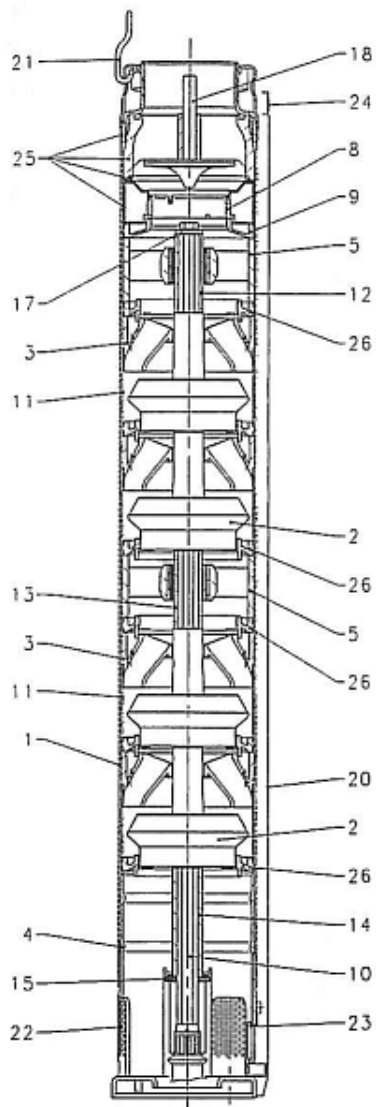
Πρόκειται για αντλίες που χρησιμοποιούνται κατά κανόνα σε γεωτρήσεις. Είναι πολυβάθμιες και για αυτό είναι σε θέση να αναπτύξουν υψηλές πιέσεις. Κατασκευαστικά η αντλία αποτελείται από ένα εξωτερικό επιμήκη μανδύα, που στο εσωτερικό του είναι τοποθετημένες οι πτερωτές. Το νερό πρέπει να είναι καθαρό και κρύο, για να μπορεί να ψύχεται ο ηλεκτροκινητήρας που συνήθως βρίσκεται τοποθετημένος κάτω από την αντλία. Αυτές οι αντλίες χρησιμοποιούνται για άντληση νερού από μεγάλα βάθη και με χαμηλή στάθμη άντλησης.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες:

- ακτινικής ροής, για μεγάλα μανομετρικά ύψη και χαμηλές παροχές.
- ημιαξονικής ροής, για μικρά μανομετρικά ύψη και μεγάλες παροχές.

Σημειώνεται ότι, στις αντλίες αυτές επειδή η λειτουργία τους γίνεται μέσα στο νερό, η ψύξη και η λίπανση τους γίνεται από το ίδιο το αντλούμενο υγρό. Μπορούν ακόμα να λειτουργούν και οριζοντίως μέσα σε δεξαμενές ή συντριβάνια αλλά για την αποτελεσματική ψύξη τους πρέπει να χρησιμοποιείται ειδικός μανδύας. [Φελώνης, 2009]

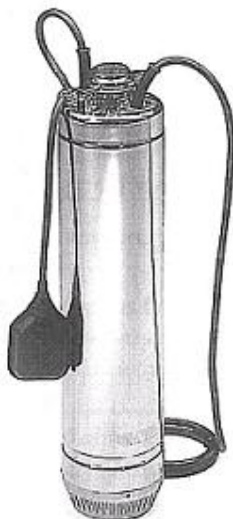
Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.6.11), φαίνεται η τομή μίας υποβρύχιας αντλίας με σχετικό υπόμνημα.



Ref No	Περιγραφή
1	Μανδύας
2	Φτερωτή
3	Πλήρης διαχύτης
4	Κάτω στήριγμα
5	Στήριγμα
8	Δακτύλιος
9	Κάλυμμα διαχύτη
10	Άξονας με σύνδεσμο
11	Αποστάτης διαχύτη
12	Άνω μανδύας
13	Ενδιάμεσος μανδύας
14	Κάτω αποστάτης
15	Δακτύλιος
17	Ασφάλεια φτερωτής
18	Βαλβίδα
20	Κάλυμμα καλωδίου
21	Άγκιστρο
22	Φίλτρο
23	Προστασία καλωδίου
24	Δακτύλιος
25	Έδρα βαλβίδας - φλάντζες
26	Κάλυμμα

Σχ.6.11 Τομή υποβρύχιας αντλίας γεωτρήσεων. [Φελώνης, 2009]

Σημειώνεται ότι, εκτός από τον ανωτέρω κλασικό τύπο υποβρύχιας αντλίας, υπάρχει και ο **συμπαγής τύπος** (Σχ.6.12). Πρόκειται για μικρού όγκου ηλεκτραντλίες, που όμως έχουν αρκετά υψηλές αποδόσεις. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα τους είναι η δυνατότητα άντλησης νερού από σημεία πολύ χαμηλής στάθμης (10cm ελάχιστη στάθμη). Αυτό είναι δυνατό επειδή η αντλία αναρροφά από τον πυθμένα της, λόγω του ότι **ο κινητήρας τοποθετείται πάνω από τα υδραυλικά μέρη** ενώ σε κλασσικές υποβρύχιας αντλίες ο κινητήρας βρίσκεται στο κάτω μέρος. Ο ηλεκτροκινητήρας ψύχεται από το αντλούμενο υγρό. [Φελώνης, 2009]



Σχ.6.12 Συμπαγής υποβρύχια αντλία γεωτρήσεων. [Φελώνης, 2009]

### 6.5 Αντλίες επιφάνειας

Αντλίες επιφάνειας ή στεγνής εγκατάστασης, έχουμε όταν τόσο η αντλία όσο και ο κινητήρας βρίσκονται έξω από το αντλούμενο υγρό.

Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- **εσωτερικές**, όταν το αντλητικό συγκρότημα είναι προστατευμένο σε κλειστό χώρο.
- **εξωτερικές**, όταν εργάζονται εκτεθειμένες στο περιβάλλον.

Στις εξωτερικές απαιτείται κατάλληλη εκλογή υλικών και προδιαγραφών, ώστε να μην καταστρέφονται σε λειτουργία σε δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες. Ωστόσο, δεν υπάρχουν γενικοί κανόνες εφαρμογής, λόγω του ότι οι συνθήκες ποικίλουν ανάλογα με την κάθε εφαρμογή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ.

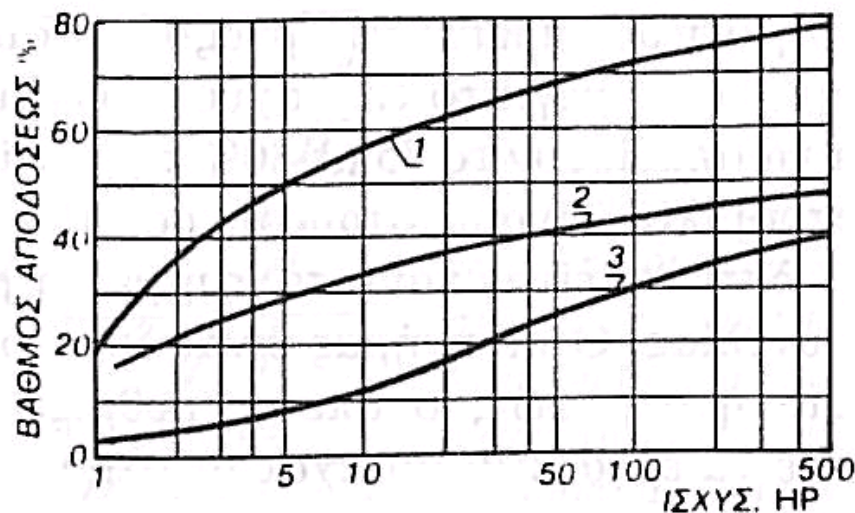
### 7.1 Γενικά

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη κίνηση φυγόκεντρικών αντλιών είναι:

- ηλεκτροκινητήρες
- μηχανές εσωτερικής καύσης
- αεριοστρόβιλοι

Για την εκλογή κατάλληλου τύπου κινητήρα πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένα κριτήρια όπως, χαρακτηριστικά λειτουργίας αντλίας και κινητήρα, μέγεθος κινητήρα, κόστος αγοράς και λειτουργίας κινητήρα, ειδικές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.

Για δοσμένες συνθήκες λειτουργίας, η οικονομική λειτουργία του συστήματος εξαρτάται τόσο από τη τιμή μονάδας του καυσίμου όσο και από τον βαθμό απόδοσης της αντλίας και του κινητήρα. Το γινόμενο των δύο βαθμών απόδοσης αποτελεί τον βαθμό απόδοσης του συστήματος. Ο συνδυασμός του τύπου της αντλίας και του κινητήρα που δίνει το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, φαίνεται από τις καμπύλες του βαθμού απόδοσης του συστήματος συναρτήσει της αποδιδόμενης ισχύος (Σχ.7.1). Είναι φανερό ότι ο συνδυασμός φυγόκεντρης αντλίας με ηλεκτροκινητήρα δίνει το καλύτερο βαθμό απόδοσης. [Ακριτίδης, 1985]



Σχ.7.1 Μεταβολή του βαθμού απόδοσης του συστήματος σε συνάρτηση με την αποδιδόμενη ισχύ.  
1. ηλεκτροκινητήρας - φυγόκεντρική αντλία 2. Μηχανή DIESEL - φυγόκεντρική αντλία 3. αεριοστρόβιλος - φυγόκεντρική αντλία. [Ακριτίδης, 1985]

## 7.2 Ηλεκτροκίνητες αντλίες

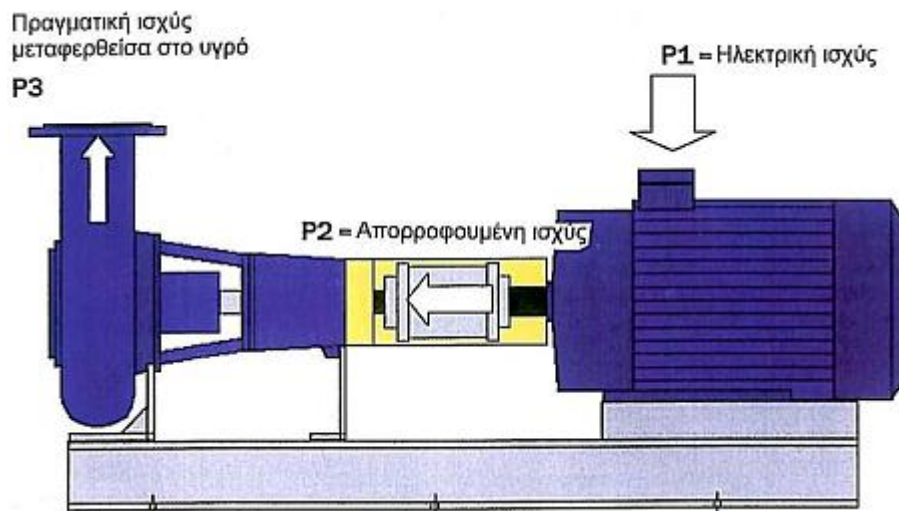
Όταν δεν υπάρχουν ειδικοί λόγοι, ο ηλεκτροκινητήρας αποτελεί την καλύτερη επιλογή για την κίνηση μίας αντλίας. Ανάλογα με την ισχύ που χρειαζόμαστε (μικρή, μεσαία, μεγάλη), αλλά και ανάλογα με την εφαρμογή, χρησιμοποιούμε τον κατάλληλο τύπο κινητήρα.

Για **μικρές ισχύς** (έως 1kW), χρησιμοποιούνται **μονοφασικοί** ηλεκτροκινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα και με πυκνωτή εκκίνησης.

Για **μεσαίες και μεγάλες ισχύς** (έως 8000kW), χρησιμοποιούνται **τριφασικοί (ασύγχρονοι) ηλεκτροκινητήρες** με βραχυκυκλωμένο δρομέα.

Ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος, χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.7.2) , παρουσιάζεται η μεταφορά της ηλεκτρικής ισχύος του τριφασικού κινητήρα σε ισχύ μεταφερόμενη στο υγρό.

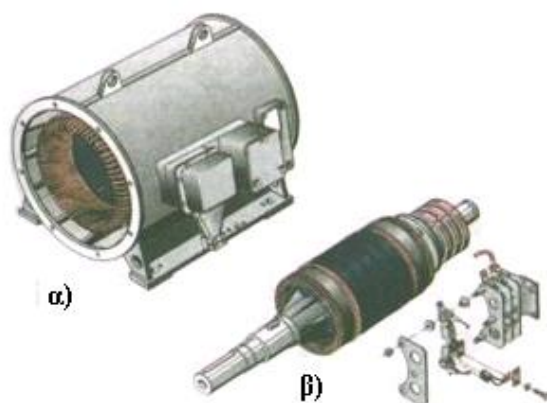


Σχ.7.2 Τυπική ηλεκτρική αντλία επιφανείας. [Φελώνης, 2009]



Λόγω της κυριαρχίας των τριφασικών (ασύγχρονων) ηλεκτροκινητήρων στην κίνηση των αντλιών, θεωρούμε σκόπιμο να αναφέρουμε την γενική **αρχή λειτουργίας** τους, αλλά και ορισμένα πλεονεκτήματα και χαρακτηριστικά τους.

Ένας τριφασικός (ασύγχρονος) ηλεκτροκινητήρας, αποτελείται από τον **ακίνητο στάτη** και το **περιστρεφόμενο δρομέα** (Σχ.7.3). Ο δρομέας και ο στάτης κατασκευάζονται από σιδηρομαγνητικό υλικό. Χωρίζονται μεταξύ τους με ένα μικρό διάκενο(0,4-4 mm).



Σχ.7.3 α) ακίνητος στάτης, β) περιστρεφόμενος δρομέας

Οι ηλεκτροκινητήρες αυτοί, μοιάζουν με τους μετασχηματιστές. Τα ρεύματα που διαρρέουν το στάτη (πρωτεύον) δημιουργούν με **επαγωγή** τάσεις στο δρομέα (δευτερεύον). Σε αντίθεση με τους μετασχηματιστές, στους επαγωγικούς κινητήρες η μαγνητική ροή δεν διαρρέει μόνο το συνεχές σιδηρομαγνητικό υλικό, αλλά και ένα διάκενο αέρα, το διάκενο μεταξύ του στάτη και του δρομέα.

Οι τάσεις από επαγωγή δημιουργούν ένα ρεύμα στους αγωγούς του δρομέα. Αν και στους μετασχηματιστές η συχνότητα των ρευμάτων του πρωτεύοντος είναι ίση με την συχνότητα των ρευμάτων του δευτερεύοντος, αυτό δεν συμβαίνει στους ηλεκτροκινητήρες παρά μόνο σε κατάσταση ακινησίας. Τέλος, η ροπή δημιουργείται από την κίνηση των ρευματοφόρων αγωγών του δρομέα μέσα στο μαγνητικό πεδίο του στάτη.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε, ότι η κύρια διαφορά μεταξύ των τριφασικών ηλεκτροκινητήρων και κινητήρων άλλων τύπων είναι ότι τα ρεύματα του δρομέα παράγονται από επαγωγή και όχι από διεγέρτρια πηγή (σύγχρονοι) ή από εξωτερική πηγή(κινητήρες συνεχούς ρεύματος).

Ως **πλεονεκτήματα**, των τριφασικών ασύγχρονων κινητήρων μπορούν να αναφερθούν τα εξής:

- έχουν απλή και οικονομική κατασκευή
- εκκινούν μόνοι τους
- η φορά περιστροφής τους αλλάζει με εναλλαγή της τροφοδοσίας δύο φάσεων
- παρέχουν υψηλή ροπή εκκίνησης
- έχουν δυνατότητα μεταβολής της τάσης τροφοδοσίας και οπότε και των στροφών τους, μέσω της χρήσης **inverter**. [Παπαδόπουλος 2000]

Οι ηλεκτροκινητήρες πρέπει να είναι **μονωμένοι** και **προστατευμένοι**. Η κλάση μόνωσης ενός ηλεκτροκινητήρα εξαρτάται από το είδος του μονωτικού υλικού που χρησιμοποιεί ο κάθε κατασκευαστής και βεβαίως έχει σχέση με την επιτρεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας των τυλιγμάτων. Η συνήθης θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μέχρι 40C για υψομετρικό ύψος έως 1000 m και πλήρες φορτίο. Είναι αυτονόητο ανάλογα με την κλάση μόνωσης επιτρέπονται και αντιστοίχως μεγαλύτερες ή μικρότερες θερμοκρασίες στον κινητήρα.

Η προστασία του ηλεκτροκινητήρα σκοπεύει στο να τον προστατέψει από δύο βασικούς κινδύνους:

- την είσοδο εντός του κινητήρα ξένων σωμάτων στερεών και υγρών
- την επικινδυνότητα έκρηξης

Για την **αποφυγή έκρηξης**, είναι υποχρεωτική η χρήση κινητήρων αντιαεκρηκτικού τύπου. Οι τύποι των αντιαεκρηκτικών κινητήρων είναι :

- **τύπος Exe:** ο σπινθηρισμός εμποδίζεται, η επιτρεπτή άνοδος της θερμοκρασίας είναι ελάχιστη, οι ακροδέκτες είναι προστατευμένοι.
- **τύπος Exd:** έχουν περίβλημα που είναι ικανό να αντιστέκεται στις εσωτερικές εκρήξεις και όλα τα ανοίγματα όπως εκεί που ο άξονας διαπερνά το περίβλημα, είναι τόσο μικρά ώστε να εμποδίζεται το πέρασμα της φλόγας που προκαλεί μία έκρηξη.
- **τύπος Exf:** ο αερισμός είναι εξωτερικός και προέρχεται από χώρο που δεν υπόκειται σε έκρηξη. [Φελώνης, 2009]

Η προστασία από **είσοδο ξένων σωμάτων** συμβολίζεται διεθνώς με τα γράμματα **IP**. Στο παρακάτω σχήμα ( σχ 7.4 ), φαίνεται παραστατικά ο βαθμός προστασίας.

Προστασία από στερεά	Προστασία από υγρά
<p><b>IP Ορισμός</b></p> <p>0 Μηδενική προστασία</p>	<p><b>IP Ορισμός</b></p> <p>0 Μηδενική προστασία</p>
<p>1 Προστασία &gt; 50mm στερεά</p>	<p>1 Προστασία από κάθετες σταγόνες νερού</p>
<p>2 Προστασία &gt; 12mm στερεά</p>	<p>2 Προστασία από ράντισμα 15° από την κατακόρυφο</p>
<p>3 Προστασία &gt; 2,5mm στερεά</p>	<p>3 Προστασία από ράντισμα 60° από την κατακόρυφο</p>
<p>4 Προστασία &gt; 1mm στερεά</p>	<p>4 Προστασία ολική</p>
<p>5 Περιορισμένη προστασία από σκόνη</p>	<p>5 Προστασία από πίδακες χαμηλής πίεσης όλων των κατευθύνσεων</p>
<p>6 Ολική προστασία από σκόνη</p>	<p>6 Προστασία από πίδακες υψηλής πίεσης</p>
	<p>7 Προστασία από εμβάπτιση ενός μέτρου</p>
	<p>8 Προστασία από εμβάπτιση γενικάς</p>

Σχ.7.4 Βαθμοί προστασίας ηλεκτροκινητήρων [Φελώνης, 2009]

### **7.3 Αντλίες με μηχανή εσωτερικής καύσης**

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης (βενζινομηχανές, μηχανές DIESEL) χρησιμοποιούνται για την κίνηση φυγοκεντρικών αντλιών, κυρίως όταν δεν είναι εφικτή η χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης, οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούνται και ως εφεδρικές σε σταθμούς άμεσου ανάγκης για ασφάλεια σε περίπτωση που υπάρξει διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Για **μικρές ισχύς** χρησιμοποιούνται ταχύστροφες δίχρονες **βενζινομηχανές**, που συνδέονται απευθείας με την αντλία.

Για **μεγάλες ισχύς** χρησιμοποιούνται **κινητήρες DIESEL**. Ο λόγος είναι ότι, οι κινητήρες DIESEL είναι πιο οικονομικοί κατά τη λειτουργία τους από τις βενζινομηχανές.

Κύρια εφαρμογή των μηχανών εσωτερικής καύσης στη κίνηση αντλιών παρουσιάζεται στην **άρδευση σε γεωργικές καλλιέργειες**. Εξαιτίας της δαπανηρής εγκατάστασης του ηλεκτρικού ρεύματος και της προσωρινότητας του συστήματος αντλήσεως.

Όταν χρησιμοποιούνται μηχανές εσωτερικής καύσης πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι δεν πρέπει να εργάζονται συνεχώς για μεγάλο χρονικό διάστημα με το μέγιστο της ισχύος τους. Για ασφαλή συνεχή λειτουργία πρέπει να αποδίδουν το 75-80% της μέγιστης ισχύος τους.

Το **μειονέκτημα** τους, είναι η αισθητή μείωση των στροφών τους με αύξηση του φορτίου. Αποτέλεσμα της μείωσης στροφών είναι η μεταβολή των χαρακτηριστικών λειτουργίας της αντλίας. Το γεγονός αυτό επηρεάζει αρνητικά την **ευστάθεια** λειτουργίας του συστήματος.

### **Αντλίες με αεριοστρόβιλο**

Οι **αεριοστρόβιλοι** χρησιμοποιούνται στη κίνηση αντλιών στις εξής περιπτώσεις:

- για **αντλίες μεγάλης παροχής** (ύδρευση πόλεων, υδροδότηση εργοστασίων)
- για τη **τροφοδοσία λεβήτων**

Οι κινητήρες αυτοί είναι αναντικατάστατοι για τη κίνηση αντλιών υψηλής πίεσεως, όπου απαιτείται πολύ μεγάλη ισχύς (8-10 χιλιάδες kW) και μεγάλος αριθμός στροφών που δεν μπορούν να δώσουν οι τριφασικοί κινητήρες. [Ακριτίδης, 1985]

**ΜΕΡΟΣ Β**  
**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

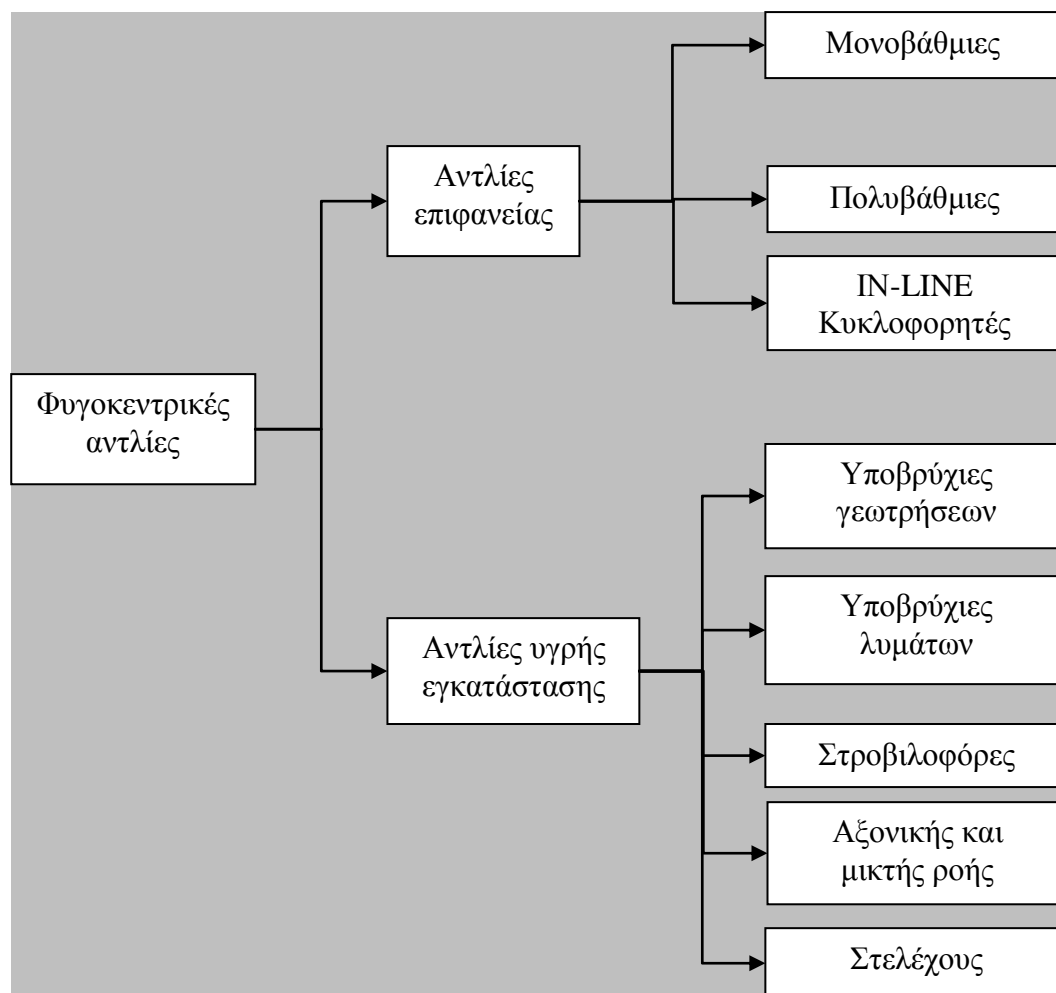
### 8.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα διερευνηθούν οι φυγοκεντρικές αντλίες που κατασκευάζονται στην Ελλάδα. Στο θεωρητικό μέρος αναλύθηκαν οι κατηγοριοποιήσεις των φυγοκεντρικών αντλιών ως προς όλα τα κριτήρια τους.

Εδώ, η κατηγοριοποίηση των αντλιών θα πραγματοποιηθεί με κριτήριο τον τρόπο εγκατάστασής τους, ως προς τη θέση λειτουργίας τους. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό οι αντλίες διαχωρίζονται σε:

- **Αντλίες επιφανείας**, στις οποίες τόσο η αντλία όσο και ο κινητήρας βρίσκονται έξω από το αντλούμενο υγρό.
- **Αντλίες υγρής εγκατάστασης**, στις οποίες είτε μόνο η αντλία είτε και τα δύο μέρη (κινητήρας, αντλία) βρίσκονται εντός του αντλούμενου υγρού.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.1) παρουσιάζει τις φυγοκεντρικές αντλίες που κατασκευάζονται στη Ελλάδα, ανάλογα με την κατηγορία τους.



Σχ.8.1 Κατηγορίες φυγοκεντρικών αντλιών

Για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των ελληνικών κατασκευαστικών εταιριών φυγοκεντρικών αντλιών κατά την οποία προσεγγίστηκαν οι ακόλουθες βιομηχανίες ANAVALOS, ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ, ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ, ΛΙΟΦΑΓΟΣ ΡΟΗ, ΑΦΟΙ ΠΟΛΙΤΗ. Μετά την αρχική επικοινωνία με τους ιδιοκτήτες των εταιριών, ακολούθησαν επανειλημμένες επισκέψεις στις εγκαταστάσεις τους και συζητήσεις με μηχανικούς με στόχο τη συγκέντρωση στοιχείων που αφορούν τις κατηγορίες κατασκευής αντλιών κάθε εταιρίας, το εύρος λειτουργίας τους, τα υλικά κατασκευής τους, τα ποσοστά παραγωγής τους, τις χρήσεις και τα ποσοστά χρήσης τους σε κάθε πεδίο εφαρμογής, τις αιτίες και πιθανές βλάβες καθώς και τη διαδικασία κατασκευής και επισκευής τους.

Έπειτα αναλύθηκε το εύρος λειτουργίας και τα υλικά κατασκευής τους σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τα τεχνικά έντυπα κατασκευής και τις πρόσθετες πληροφορίες που παρείχαν οι ιδιοκτήτες και μηχανικοί των εταιριών.

Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν και αφορούν τα ποσοστά παραγωγής και χρήσης των αντλιών κάθε κατηγορίας αποτελούν εμπειρικά δεδομένα των ιδιοκτητών ή των μηχανικών των παραπάνω εταιριών και δόθηκαν επί τον αριθμό των παραγόμενων αντλιών της κάθε εταιρίας. Τα ποσοστά παραγωγής της κάθε κατηγορίας αντλιών επί των συνολικό αριθμό παραγόμενων αντλιών και τα ποσοστά χρήσης σε κάθε πεδίο εφαρμογής της κάθε κατηγορίας, που παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία προέκυψαν μετά από επεξεργασία και ενοποίηση των παραπάνω στοιχείων.

Στη συνέχεια δίνεται μία σύντομη περιγραφή των εταιριών που συνεισέφεραν στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας:

Η εταιρία **ΔΡΑΚΟΣ ΠΟΛΕΜΗΣ** ιδρύθηκε το 1956 και διαθέτει ολοκληρωμένη γραμμή παραγωγής, πλήρως καθετοποιημένη, με ιδιόκτητες εγκαταστάσεις παραγωγής και ελέγχου ποιότητας στο Κρυονέρι και μονάδα Χυτηρίων στην ΒΙ.ΠΕ Σίνδου Θεσσαλονίκης. Οι δύο αυτές μονάδες διαθέτουν εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό με μεγάλη συσσωρευμένη εμπειρία αναγνωρισμένη σε διεθνές επίπεδο και είναι πιστοποιημένες με ISO 9001/2008. Η εταιρία αυτή διαθέτει ένα ευρύ φάσμα κατασκευής, που εκτείνεται από αντλίες αγροτικής εφαρμογής έως αντλητικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται σε σύνθετα ενεργειακά έργα (ύδρευσης, αποχέτευσης, άρδευσης, αντιπλημμυρικά, βιομηχανικά, σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, διυλιστήρια κ.λπ.). Η εταιρία ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ εξάγει μεγάλο ποσοστό της παραγωγής της (περίπου το 50%) κυρίως σε χώρες της Ευρώπης, Ασίας, Μέσης Ανατολής & Αφρικής.

Η εταιρία **ANAVALOS** ιδρύθηκε το 1965 στο Άργος ως παραγωγική μονάδα για στροβιλοφόρες αντλίες, ανταποκρινόμενη στις ανάγκες μίας έντονης βιομηχανοποίησης των αγροτικών προϊόντων, όπως επίσης και της μεταπολεμικής αστικής ανάπτυξης. Σύντομα απέκτησε ιδιόκτητες παραγωγικές μονάδες και εργαστήρια ελέγχου ποιότητας. Η σημαντική της επίδραση στην αγορά την ώθησε να επεκταθεί και στις υποβρύχιες αντλίες το 1990. Με εκσυγχρονισμό και πιστοποίηση παραγωγής (ISO 9001:2000), βελτίωσε την παραγωγή της και δημιούργησε τις κατάλληλες συνθήκες για εξαγωγή, στην οποία στράφηκε από το 2000, με συνεχή βελτίωση από τότε. Το 2008 ενσωμάτωσε στην παραγωγή της τα πιεστικά συστήματα, τις αντλίες λυμάτων και αποστράγγισης για οικιακή χρήση. Η αύξηση σε συνολικό κύκλο εργασιών και εξαγωγών οδήγησε την εταιρία σε σημαντική ανασυγκρότηση το 2008, νέα γραφεία στην Αθήνα και την ίδρυση τμήματος

εξαγωγών, ενώ παράλληλα το 2010, ιδρύθηκε το νέο υποκατάστημα Βορείου Ελλάδος στην Θεσσαλονίκη.

Η εταιρία **ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ ΑΒΕΕ** ιδρύθηκε το 1963 έως EBIM ΕΠΕ, από το 1970 έως το 1985 λειτούργησε έως ΑΕΤΕΞ EBIM ΕΠΕ και στη συνέχεια μετονομάστηκε σε ΜΗΧΑΝΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΕΠΕ. Από 1-1-1993 λειτουργεί με την επωνυμία ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ ΑΒΕΕ. Οι κεντρικές εγκαταστάσεις της εταιρίας βρίσκονται στην Αθήνα, στον Δήμο Αχαρνών. Η εταιρία ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ ΑΒΕΕ δραστηριοποιείται στην κατασκευή υποβρύχιων αντλιών λυμάτων και γεωτρήσεων, στις οποίες διαθέτει πολύχρονη εμπειρία και αναγνωρισμένη τεχνογνωσία. Η εταιρία αυτή διαθέτει υποστηρικτικές υποδομές, όπως τμήμα σχεδιασμού και μελετών, εργαλειομηχανές CNC, χυτήριο, τμήμα επισκευών, ειδικές κατασκευές, δοκιμαστήριο αντλιών. Η εταιρία ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ ΑΒΕΕ διαθέτει συνεργάτες και αντιπροσώπους σε όλη την Ελλάδα. Επίσης, η εταιρία αυτή δραστηριοποιείται στον τομέα των εξαγωγών με ταχύρυθμα αναπτυσσόμενο δίκτυο συνεργατών στις εξής χώρες: ΗΠΑ, Χιλή, Δανία, Φινλανδία, Γερμανία, Ολλανδία, Βέλγιο, Σερβία, Μαρόκο, Τυνησία, Λιβύη, Αίγυπτος, Τουρκία, Κύπρος, Συρία, Ιορδανία, Υεμένη, Ομάν, Ταϊλάνδη, Χογκ Κόγκ.

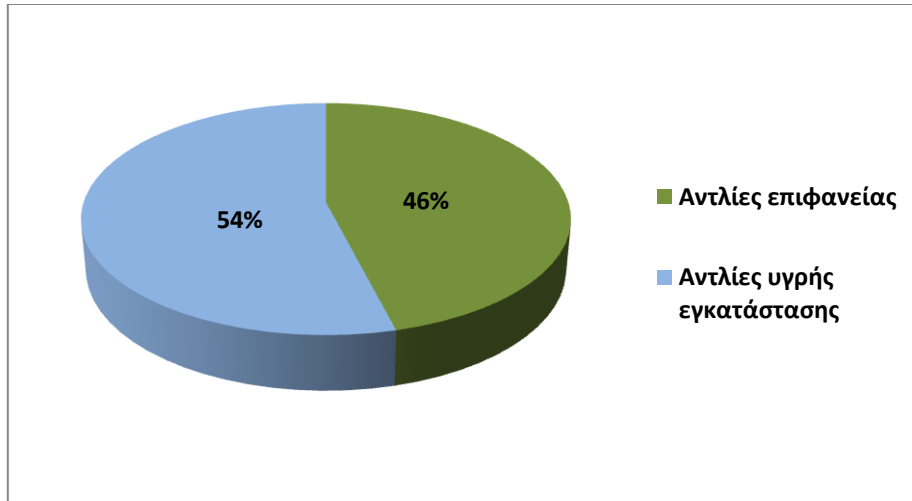
Η εταιρεία **ΛΙΟΦΑΓΟΣ-ΡΟΗ** δραστηριοποιείται στον χώρο της κατασκευής φυγοκεντρικών αντλιών από το 1976. Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις της εταιρίας βρίσκονται στην περιοχή του Ταύρου στην Αθήνα. Η κατασκευαστική δραστηριότητα της εταιρίας αυτής περιλαμβάνει φυγοκεντρικές αντλίες άρδευσης-ύδρευσης, πυρόσβεσης, θαλάσσης, αποστραγγίσεων-αποχετεύσεων, ναυτιλίας, καθώς και αντλητικά συγκροτήματα (ηλεκτροκίνητα, βενζινοκίνητα, πετρελαιοκίνητα). Όλα τα προϊόντα της εταιρίας διαθέτουν CE καθώς και αριθμό δοκιμής από το Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.)- ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ γεωργικών μηχανών-κατασκευών (Ι.Γ.Ε.Μ.Κ.).

Η εταιρία **ΑΦΟΙ ΠΟΛΙΤΗ** ιδρύθηκε το 1968 και υπήρξε πρωτοπόρος στην κατασκευή αντλιών και αντλητικών συγκροτημάτων. Το 1983 η εταιρία απέκτησε τις δικές της σύγχρονες εγκαταστάσεις αναβαθμίζοντας ταυτόχρονα τον μηχανολογικό τα εξοπλισμό. Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις της εταιρίας βρίσκονται στον Δήμο Περιστερίου στην Αθήνα. Η κατασκευαστική δραστηριότητα της εταιρίας αυτής περιλαμβάνει φυγοκεντρικές αντλίες επιφανείας, μονοβάθμιες και πολυβάθμιες. Από την ίδρυσή της μέχρι και σήμερα κατάφερε να κερδίσει την εμπιστοσύνη του Ναυτιλιακού, Βιομηχανικού και Αγροτικού τομέα της Ελλάδας.

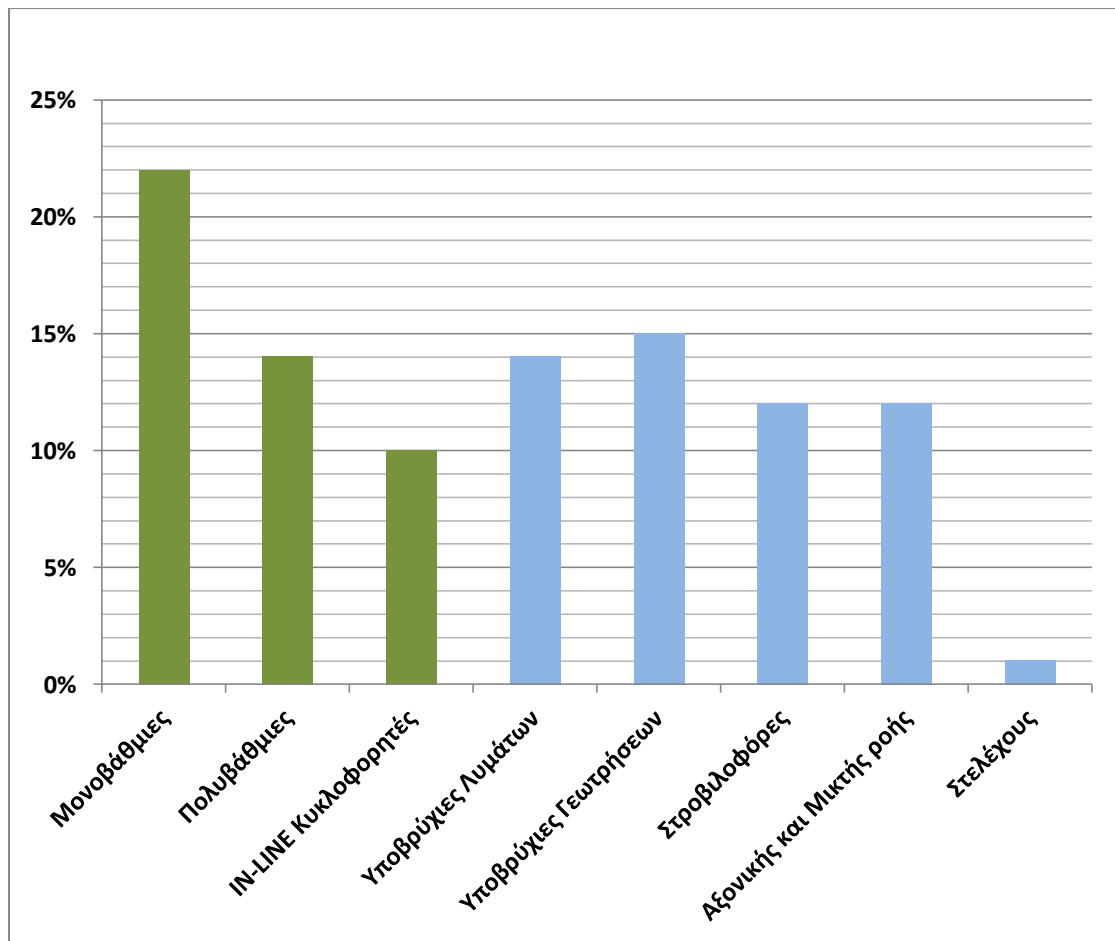
## **8.2 Ποσοστά κατασκευής αντλιών**

Οι κατασκευαστικές εταιρίες, παράγουν είτε μία πολύ συγκεκριμένη κατηγορία αντλιών είτε καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα από τις κατηγορίες του σχήματος 8.1. Το εύρος των αντλιών που κατασκευάζεται από μία εταιρία εξαρτάται από τη πολιτική της, την τεχνογνωσία της και άλλους παράγοντες που θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

Από τα στοιχεία των κατασκευαστικών εταιριών που συγκεντρώσαμε, προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα (Σχ.8.2, Σχ.8.3), στα οποία φαίνονται τα **ποσοστά κατασκευής αντλιών** ανάλογα με τη κατηγορία τους.



Σχ.8.2 Ποσοστά παραγωγής αντλιών επιφανείας και υγρής εγκατάστασης επί τον συνολικό αριθμό παραγωγής αντλιών.



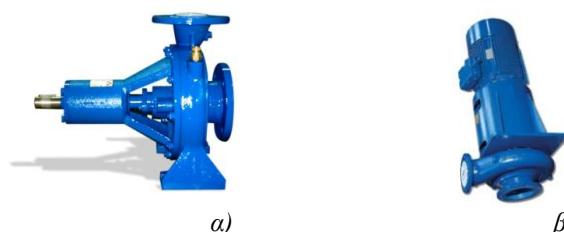
Σχ.8.3 Ποσοστά παραγωγής κατηγοριών αντλιών επί τον συνολικό αριθμό παραγόμενων αντλιών.



### 8.3 Μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας

#### 8.3.1 Περιγραφή

Οι μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας αποτελούν τον απλούστερο τύπο αντλίας. Η χρήση των αντλιών αυτών προορίζεται για καθαρά υγρά ή ελαφρώς ακάθαρτα υγρά, όπως νερό (καθαρό, υφάλμυρο, θαλασσινό), έλαια, καύσιμα, αλκαλικά διαλύματα, ελαφρά οξέα. Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.4) απεικονίζει δύο αντλίες του τύπου αυτού.



Σχ.8.4 Μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας α) οριζόντια (ΛΙΟΦΑΓΟΣ-ΡΟΗ) β) κατακόρυφη (ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ)

Οι αντλίες αυτές έχουν σπειροειδές περίβλημα και περωτές ακτινικής ή μικτής ροής ανάλογα με τη παροχή. Η τοποθέτησή τους πραγματοποιείται είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα. Οι οριζόντιες αντλίες συνδέονται με τον κινητήρα είτε άμεσα (μονομπλόκ) είτε σε κοινή βάση. Οι κατακόρυφες αντλίες συνδέονται άμεσα με τον κινητήρα (μονομπλόκ). Η διαστασιολόγηση τους πραγματοποιείται σύμφωνα με τα πρότυπα του DIN 24255.

Οι μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας, παρουσιάζουν ορισμένες δυνατότητες ειδικής κατασκευής:

- Υπάρχει δυνατότητα κατασκευής τους **εκτός τυποποίησης** (εκτός DIN). Οι αντλίες αυτές κατασκευαστικά είναι όμοιες με τις αντλίες κατά (DIN24255) και χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις μεγάλων παροχών.
- Υπάρχει δυνατότητα κατασκευής τους με **αυτόματη αναρρόφηση**. Η χρήση των αντλιών αυτών εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν μεγάλα κενά αέρος στο δίκτυο άντλησης.

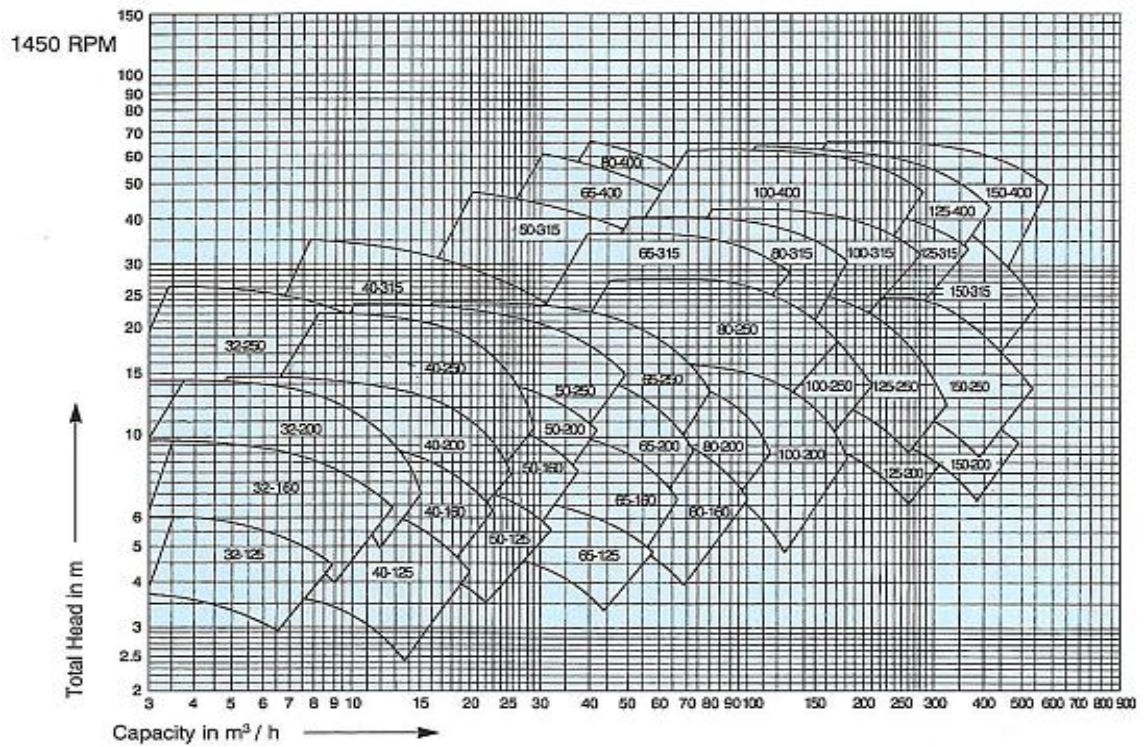
#### 8.3.2 Εύρος λειτουργίας

Ο παρακάτω πίνακας (Πιν.8.1), παρουσιάζει τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των αντλιών αυτών ανάλογα με την κατασκευή τους.

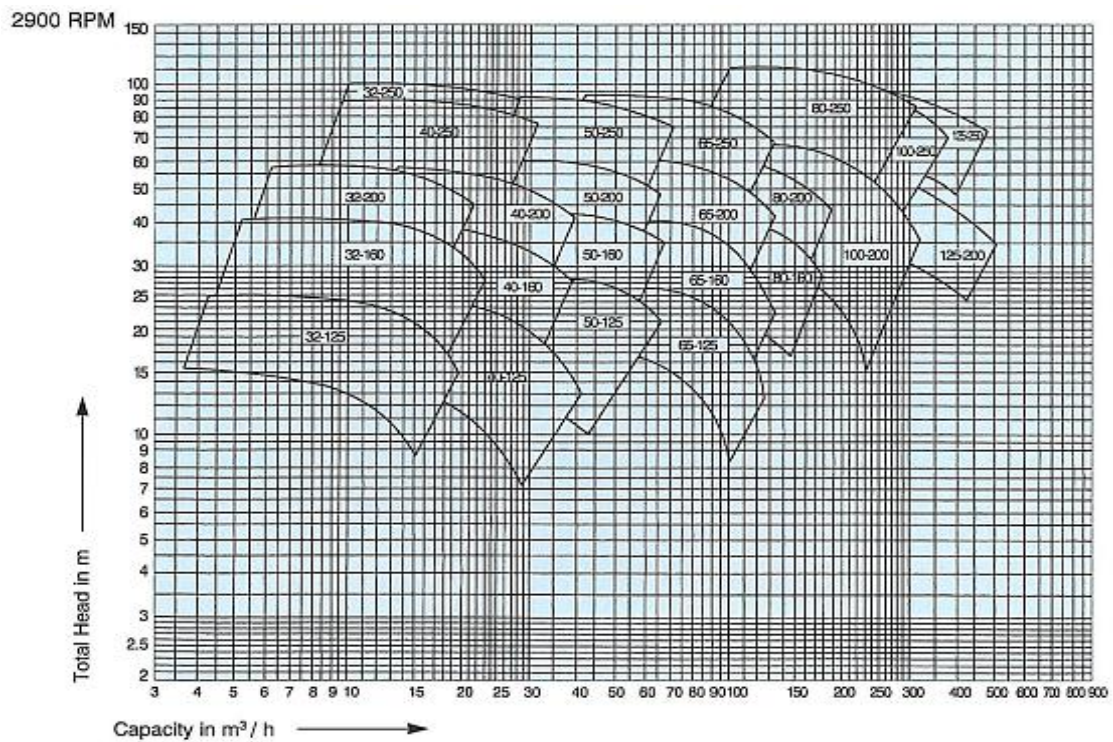
Πιν.8.1 Εύρος λειτουργίας μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας.

	κατασκευή κατά DIN 24255	κατασκευή εκτός DIN	αυτόματης αναρρόφησης
Παροχή (Q) έως (m <sup>3</sup> /h)	550	1500	4
Μανομετρικό ύψος (H) έως (m)	100	150	70
Μεγιστη πίεση (bar)	16	16	6
Θερμοκρασία λειτουργίας(°C)	140	από -30 έως 140	40

Τα παρακάτω διαγράμματα (Διαγρ.8.1, Διαγρ.8.2), παρουσιάζουν αναλυτικά το εύρος λειτουργίας των μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας (κατά DIN24255) στις 1450 και 2900 rpm αντίστοιχα.



Διαγρ.8.1 Εύρος λειτουργίας μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας (κατά DIN24255) στις 1450 rpm (ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).



Διαγρ.8.2. Εύρος λειτουργίας μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας (κατά DIN24255) στις 2900 rpm (ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).

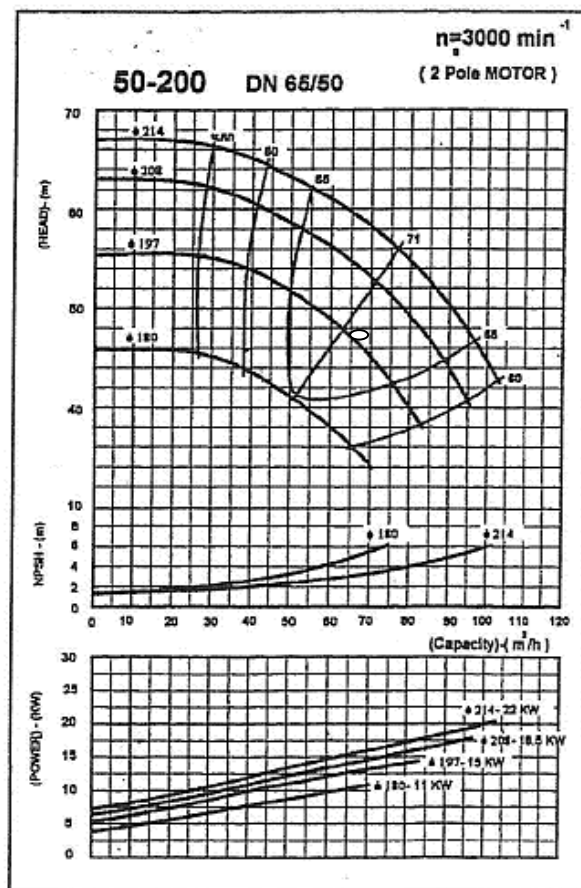
Στα διαγράμματα αυτά, το κάθε τμήμα στις παραπάνω καμπύλες απευθύνεται σε μία αντλία, η οποία χαρακτηρίζεται με δύο κωδικούς αριθμούς.

Ο πρώτος αριθμός υποδηλώνει την διάμετρο του στομίου κατάθλιψης (σε mm), αύξηση του οποίου συνεπάγεται αύξηση της παροχής. Ο δεύτερος αριθμός υποδηλώνει την διάμετρο της περωτής (σε mm), αύξηση της οποίας συνεπάγεται αύξηση του μανομετρικού ύψους.

Η περωτή της κάθε αντλίας κατασκευάζεται σε μέγιστη διάμετρο, όπου καλύπτει το ανώτερο τμήμα της καμπύλης. Ανάλογα με το επιθυμητό σημείο λειτουργίας η περωτή τροχίζεται (μείωση διαμέτρου), έως το σημείο που καλύπτει το κατώτερο τμήμα της καμπύλης. Για την επιλογή του κατάλληλου τροχίσματος, εξετάζονται οι αναλυτικές καμπύλες λειτουργίας της κάθε αντλίας.

Παρατηρούμε ότι, στις 2900rpm καλύπτονται μεγαλύτερα μανομετρικά ύψη από τις 1450rpm.

Το παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.8.3), απεικονίζει τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας της τυποποιημένης κατά (DIN24255) μονοβάθμιας αντλίας επιφανείας (50-200), δηλαδή με ονομαστική διάμετρο αγωγού κατάθλιψης 50mm και διάμετρο περωτής 200mm στις 2900 rpm.



Διαγρ.8.3 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας μονοβάθμιας αντλίας επιφανείας(50-200) κατά DIN24255 στις 2900rpm(ANAVALOS).

Η μέγιστη διάμετρος της αντλίας αυτής είναι  $\Phi=214$ mm. Ανάλογα με το επιθυμητό σημείο λειτουργίας (H,Q) πραγματοποιείται τροχίσμα της περωτής έως  $\Phi=180$ mm.

Παρατηρούμε ότι για διάμετρο πτερωτής  $\Phi=214\text{mm}$ , το κανονικό σημείο λειτουργίας (σημείο μέγιστου βαθμού απόδοσης) είναι  $Q_{K1}=76\text{m}^3/\text{h}$  και  $H_{K1}=56\text{m}$ , στο οποίο παρουσιάζεται  $\eta=71\%$ , απορροφάται ισχύς  $N=17\text{KW}$  και παρουσιάζει  $NSPH=4\text{m}$ .

Αντίστοιχα, υπολογίζονται τα μεγέθη για κάθε σημείο λειτουργίας και κάθε διάμετρο της πτερωτής.

Όσο αναφορά τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας, η καμπύλη H-Q χαρακτηρίζεται ως ευσταθής, καθώς η μέγιστη τιμή του ολικού ύψους παρουσιάζεται στην μηδενική παροχή. Η καμπύλη N-Q χαρακτηρίζεται ως καμπύλη υπερφόρτισης καθώς η απορροφούμενη ισχύς συνεχίζει να αυξάνεται για παροχές μεγαλύτερες της κανονικής.

Πρέπει να τονίσουμε ότι, με το τρόχισμα της πτερωτής μειώνεται ο βαθμός αποδόσεως της αντλίας. Στο Διάγραμμα 3 παρατηρούμε ότι για μέγιστη μείωση διαμέτρου σε  $\Phi=180\text{mm}$ , ο μέγιστος βαθμός απόδοσης που παρουσιάζεται στο κανονικό σημείο λειτουργίας  $Q_{K2}=52\text{m}^3/\text{h}$  και  $H_{K2}=41\text{m}$  είναι 65%. Δηλαδή, παρουσιάζεται πτώση του βαθμού αποδόσεως 6%.

Στον παρακάτω πίνακα (Πιν.8.2), παρουσιάζονται τα κανονικά σημεία λειτουργίας (για μέγιστη διάμετρο πτερωτής) των μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας στις 2900rpm κατά DIN24255, ο ειδικός αριθμός στροφών τους και ο βαθμός απόδοσης (μέγιστος λόγω κανονικού σημείου λειτουργίας), όπως προέκυψαν από τις χαρακτηριστικές καμπύλες των κατασκευαστών.

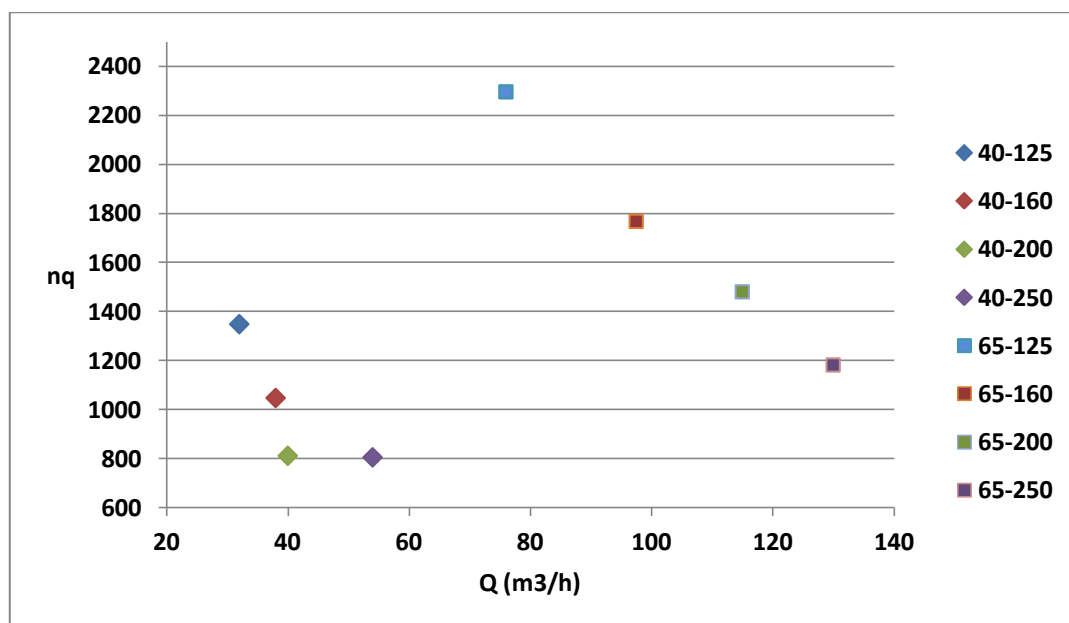
Πιν.8.2 Κανονικά σημεία λειτουργίας μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας κατά DIN24255.

	$Q_K$	$H_K$	$n_q$	$\eta_{\max}$
<b>32-125</b>	18	24	1135	53%
<b>32-160</b>	29	41	964	61%
<b>32-200</b>	31	48,5	879	52%
<b>40-125</b>	32	28	1348	66%
<b>40-160</b>	38	44	1046	64%
<b>40-200</b>	40	64	811	61%
<b>40-250</b>	54	79	804	52%
<b>50-125</b>	48	25	1797	59%
<b>50-160</b>	58	39,5	1402	63%
<b>50-200</b>	76	56	1235	71%
<b>50-250</b>	97,5	77,5	1096	61%
<b>65-125</b>	76	24,5	2296	64%
<b>65-160</b>	97,5	41	1767	74%
<b>65-200</b>	115	58	1480	68%
<b>65-250</b>	130	85	1181	70%
<b>80-160</b>	130	41	2041	75%
<b>80-200</b>	205	56	2028	76%
<b>100-160</b>	260	37,5	3086	72%
<b>100-200</b>	280	50	2581	80%
<b>100-250</b>	280	85	1733	75%

Από τον παραπάνω πίνακα (Πιν.8.2), παρατηρούμε ότι για δεδομένη τιμή του στομίου κατάθλιψης (πρώτος αριθμός), για αυξανόμενες τιμές της διαμέτρου της περωτής (δεύτερος αριθμός) μειώνεται ο ειδικός αριθμός στροφών. Αυτό συμβαίνει διότι, η διάμετρος του στομίου κατάθλιψης είναι ενδεικτική της παροχής και παρότι αυξάνεται για αυξανόμενες τιμές της διαμέτρου της περωτής, η αύξηση της παροχής είναι μικρότερη από την αύξηση του ολικού ύψους που προκαλεί η αύξηση της διαμέτρου της περωτής. Συνέπεια της μείωσης του ειδικού αριθμού στροφών (για δεδομένη τιμή του στομίου κατάθλιψης) είναι για αυξανόμενες τιμές της διαμέτρου της περωτής, η περωτή να γίνεται περισσότερο ακτινικής ροής.

Επίσης, για αυξανόμενες τιμές του στομίου κατάθλιψης, αυξάνονται τα μεγέθη των ειδικών αριθμών στροφών, δηλαδή για αυξανόμενες παροχές οι περωτές γίνονται λιγότερο ακτινικής ροής.

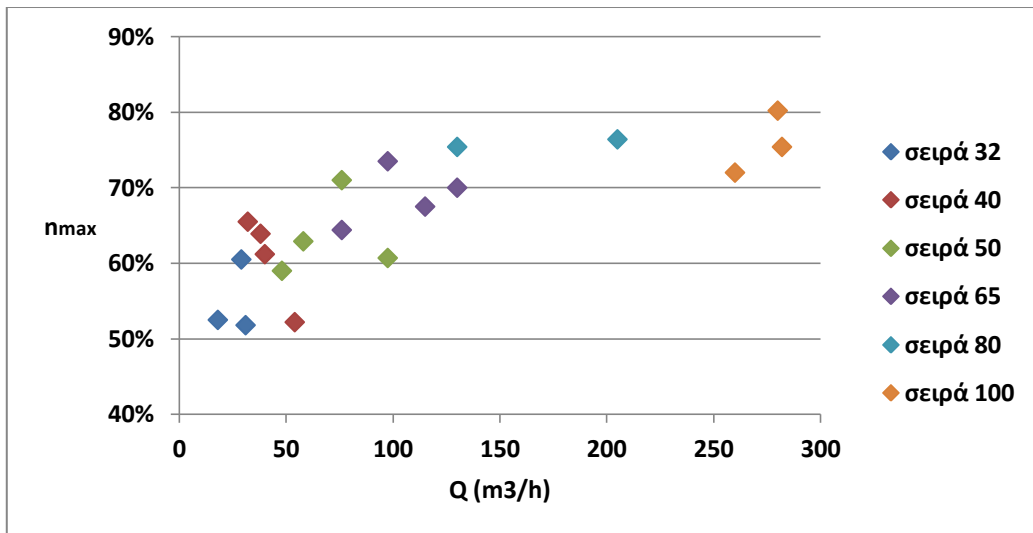
Τα παραπάνω, δηλαδή η μείωση του  $n_q$  με αύξηση της διαμέτρου της περωτής για δεδομένο στόμιο κατάθλιψης και η αύξηση του  $n_q$  για αυξανόμενες τιμές του στομίου κατάθλιψης, φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.8.4), όπου απεικονίζονται οι ειδικοί αριθμοί στροφών των αντλιών με στόμια κατάθλιψης 40mm και 65mm συναρτήσει της παροχής.



Διαγρ.8.4 Ειδικός αριθμός στροφών  $n_q$  των αντλιών κατά DIN24255 με στόμια κατάθλιψης 40mm και 65mm σε συνάρτηση με την παροχή  $Q$ .

Όσο αφορά τον βαθμό απόδοσης, η μέγιστη τιμή του αυξάνεται για αυξανόμενες τιμές του στομίου κατάθλιψης. Επίσης, για δεδομένο στόμιο κατάθλιψης αυξάνεται για αυξανόμενες τιμές της διαμέτρου έως κάποιο μέγιστο και ύστερα μειώνεται.

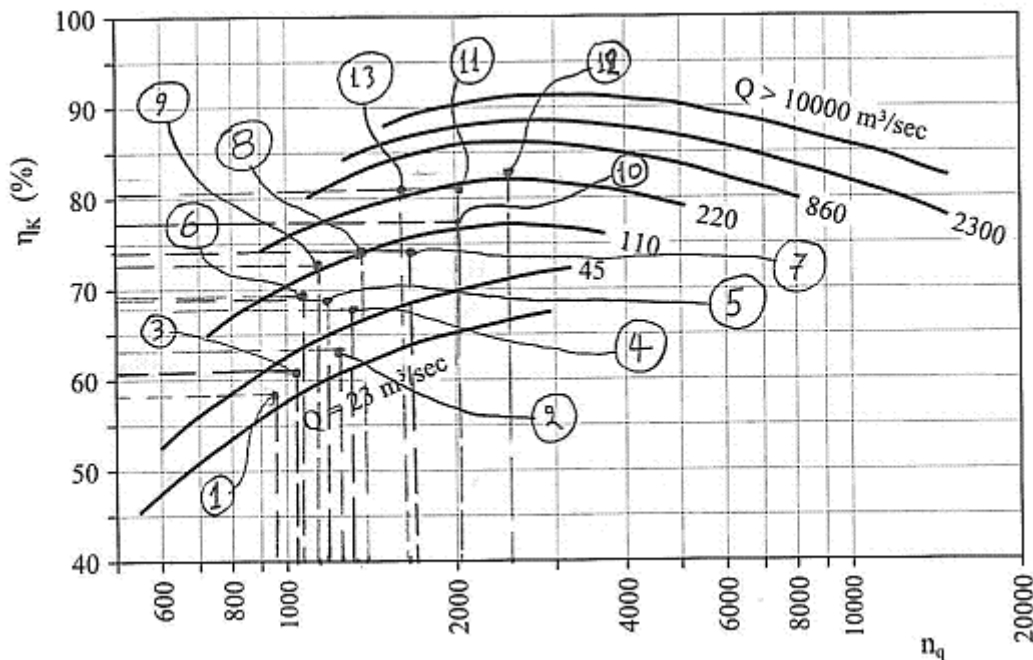
Το διάγραμμα (Διαγρ.8.5) που ακολουθεί, παρουσιάζει τον βαθμό απόδοσης στα κανονικά σημεία λειτουργίας σε συνάρτηση με την παροχή.



Διαγρ.8.5 Βαθμός απόδοσης στα κανονικά σημεία λειτουργίας των αντλιών κατά DIN24255 σε συνάρτηση με την παροχή.

Το παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.8.6), μας δίνει τον στατιστικό μέσο ολικό βαθμό απόδοσης καλά σχεδιασμένων μονοβάθμιων αντλιών με σπειροειδές κέλυφος, συναρτήσει του  $n_q$  και της παροχής  $Q$  όπως είδαμε και στο θεωρητικό μέρος.

Στο διάγραμμα αυτό, έχει τοποθετηθεί ο ειδικός αριθμός στροφών  $n_q$  και η κανονική παροχή ορισμένων ενδεικτικών κανονικών σημείων λειτουργίας των μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας κατά DIN24255 του Πίνακα.8.2.



Διαγρ.8.6 Στατιστικό διάγραμμα του ολικού βαθμού απόδοσης  $\eta_{\kappa}$  στο κανονικό σημείο λειτουργίας καλά σχεδιασμένων αντλιών (διάγραμμα της Worthington). [Παπαντώνης, 2002]

Ο παρακάτω πίνακας (Πιν.8.3), παρουσιάζει τους βαθμούς απόδοσης που προκύπτουν από το διάγραμμα ( $\eta_{\text{διαγρ}}$ ) και αυτούς που έχουν πρακτικώς ( $\eta_{\text{max}}$ ) οι αντλίες που τοποθετήθηκαν στο διάγραμμα.

Πιν.8.3 Συγκριτικός πίνακας βαθμού απόδοσης ενδεικτικών κανονικών σημείων λειτουργίας κατά DIN 24255( $n_{max}$ ) και βαθμού απόδοσης που προέκυψε από το στατιστικό διάγραμμα καλά σχεδιασμένων αντλιών( $n_{διαγρ}$ ) σπειροειδούς κελύφους.

Σημείο διαγράμματος	Σειρά αντλίας	$n_{διαγρ}$	$n_{max}$
1	32-160	58%	61%
2	40-125	63%	66%
3	40-160	61%	64%
4	50-160	67%	63%
5	50-200	69%	71%
6	50-250	69%	61%
7	65-160	74%	74%
8	65-200	74%	68%
9	65-250	73%	70%
10	80-160	77%	75%
11	80-200	81%	76%
12	100-200	83%	80%
13	100-250	81%	75%

Παρατηρούμε ότι, οι βαθμοί απόδοσης που προκύπτουν από το διάγραμμα, δεν διαφέρουν σημαντικά από αυτούς που παρουσιάζουν πρακτικώς οι μονοβάθμιες αντλίες κατά DIN 24255. Πιο συγκεκριμένα, η διαφοροποίηση τους κυμαίνεται περίπου στο 3-4% , ενώ η μέγιστη διαφοροποίηση τους δεν ξεπερνάει το 8%, κάτι το οποίο είναι επιτρεπτό, αφού όπως είδαμε και στο θεωρητικό μέρος η διαφοροποίηση μπορεί να φτάσει έως 10%.

### 8.3.3 Υλικά κατασκευής

Τα υλικά κατασκευής τους εξαρτώνται από το είδος του αντλούμενου υγρού (νερό, οξέα, καύσιμα), την θερμοκρασία του, την μηχανική σκληρότητα του και την διάμετρο των αιωρημάτων.

Στον παρακάτω πίνακα (Πιν.8.4), παρουσιάζονται τα υλικά κατασκευής των κύριων μερών των μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας για αντλούμενο υγρό το νερό, ανάλογα με την αλμυρότητα του.

Πιν.8.4 Υλικά κατασκευής μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας.

	<b>Καθαρό νερό</b>	<b>Υφάλμυρο νερό</b>	<b>Θαλασσινό νερό</b>
<b>Σώμα</b>	Χυτοσίδηρος (G20 ή G25)	Ορείχαλκος CuSn10 ή Ανοξείδωτος χάλυβας AISI 304	Ανοξείδωτος Χάλυβας AISI 316-904L ή duplex
<b>Πτερωτή</b>	Χυτοσίδηρος (G20 ή G25) ή Ορείχαλκος SAE	Ορείχαλκος CuSn10 ή Ανοξείδωτος χάλυβας AISI 304	Ανοξείδωτος Χάλυβας AISI 316-904L ή duplex
<b>Άξονας</b>	Χάλυβας st70 ή Ανοξείδωτος Χάλυβας AISI 304-420	Ανοξείδωτος Χάλυβας AISI 316	Ανοξείδωτος Χάλυβας AISI 316-904L ή duplex

Πρέπει να σημειωθεί ότι, η επιλογή ανάμεσα στα υλικά κατασκευής κάθε κατηγορίας (καθαρό, υφάλμυρο, θαλασσινό νερό) του παραπάνω πίνακα εξαρτάται από την θερμοκρασία του αντλούμενου υγρού, την μηχανική σκληρότητα του και την διάμετρο των αιωρημάτων.

Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι, στην περίπτωση άντλησης θαλασσινού νερού, για χαμηλές τιμές της θερμοκρασίας λειτουργίας χρησιμοποιείται ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316, για μεγαλύτερες θερμοκρασίες ανοξείδωτος χάλυβας AISI 904L, ενώ για πολύ υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιείται ανοξείδωτος χάλυβας duplex. Αντίστοιχη λογική επικρατεί και για την μηχανική σκληρότητα του νερού και για την διάμετρο των αιωρημάτων. Η τελική επιλογή υλικών, αποτελεί συνάρτηση των παραγόντων αυτών, και επιλέγονται τα υλικά που καλύπτουν όλες τις απαιτήσεις αυτές.

Σε περιπτώσεις όπου το αντλούμενο υγρό ανήκει σε κατηγορίες καυσίμων, οξέων, αλκαλικών διαλυμάτων τότε η κατασκευή της αντλίας πραγματοποιείται από ανοξείδωτο χάλυβα duplex ή super duplex.

Οι αντλίες αυτόματης αναρρόφησης, χρησιμοποιούνται για άντληση καθαρού νερού και για χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 8.1. Τα υλικά κατασκευής τους, είτε ακολουθούν την κατηγορία καθαρού νερού του Πίνακα 8.4, είτε σε περιπτώσεις παρουσίασης αρκετά μεγάλης μηχανικής σκληρότητας το σώμα της αντλίας κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 304 και η πτερωτή από τεχνοπολυμερές.

Η στεγανοποίηση του άξονα, πραγματοποιείται είτε με την χρήση σαλαμάστρας, είτε με την χρήση μηχανικού στυπιοθλίπτη. Με την χρήση σαλαμάστρας υπάρχει διαρροή του αντλούμενου υγρού, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει με την χρήση στυπιοθλίπτη.



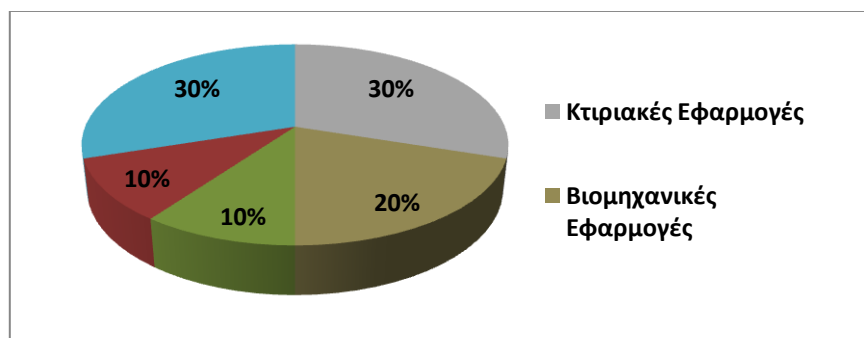
Ο μηχανικός στυπιοθλίπτης πλεονεκτεί σε σύγκριση με την σαλαμάστρα στις εξής περιπτώσεις:

- Όταν το αντλούμενο υγρό είναι εύφλεκτο ή διαβρωτικό.
- Όταν η θερμοκρασία του αντλούμενου υγρού είναι υψηλή. Στον πίνακα 8.1 η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας 140 °C προϋποθέτει την χρήση μηχανικού στυπιοθλίπτη. Η χρήση σαλαμάστρας χρησιμοποιείται για μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας 110 °C.
- Όταν για λόγους αισθητικής δεν θέλουμε να υπάρχει διαρροή του υγρού.

Η σαλαμάστρα χρησιμοποιείται στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Επίσης, ένα πλεονέκτημα της σαλαμάστρας είναι ότι όσο φθείρεται αυξάνεται η διαρροή του υγρού και με τον τρόπο αυτό ο χρήστης ειδοποιείται για αντικατάστασή της.

#### 8.3.4 Χρήσεις και ποσοστά χρήσεων

Οι μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας καλύπτουν το **22% της συνολικής παραγωγής** αντλιών ελληνικής κατασκευής, όπως φαίνεται από το Σχ.8.3. Οι εφαρμογές των αντλιών αυτών καλύπτουν πολλούς τομείς. Από τα στοιχεία των κατασκευαστικών εταιριών που συγκεντρώσαμε προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα (Σχ.8.5), το οποίο παρουσιάζει τα ποσοστά χρήσης τους σε κάθε πεδίο εφαρμογής.



Σχ.8.5 Ποσοστά χρήσης μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας σε κάθε πεδίο εφαρμογής.

Παρακάτω, αναλύονται οι χρήσεις των αντλιών αυτών για κάθε πεδίο εφαρμογής: Στον τομέα της ναυτιλίας, χρησιμοποιούνται για ψύξη μηχανών, συστήματα πυρόσβεσης, συστήματα κλιματισμού. Εδώ, οι αντλίες τοποθετούνται συνήθως κατακόρυφα για την εξοικονόμηση χώρου.

Στον τομέα των κτιριακών εφαρμογών, χρησιμοποιούνται σε πυροσβεστικά συστήματα, πιεστικά συγκροτήματα, συστήματα κλιματισμού.

Στον τομέα της βιομηχανίας, χρησιμοποιούνται για άντληση και διακίνηση νερού, καυσίμων, ελαφρών ελαίων, αλκαλικών διαλυμάτων και ελαφρών οξέων.

Στον τομέα των οικιακών εφαρμογών, η χρήση τους αναφέρεται σε ύδρευση από πηγάδια ή δεξαμενές και σε πότισμα κήπων.

Στον αγροτικό τομέα, η χρήση τους αναφέρεται σε άρδευση αγροτικών καλλιεργειών.

## 8.4 Πολυβάθμιες αντλίες επιφανείας

### 8.4.1 Περιγραφή

Η αρχή λειτουργίας των πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας, όπως αναφέρθηκε και στο θεωρητικό μέρος, στηρίζεται στη διαδοχική αύξηση της πίεσης του ρευστού μέσα από διαδοχικές βαθμίδες. Εδώ, θα αναλύσουμε τις αντλίες αυτές κατατάσσοντας τις στις εξής κατηγορίες:

- Διβάθμιες.
- Αθόρυβες.
- Υψηλής πίεσης.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.6), απεικονίζει μία αντλία από κάθε κατηγορία



Σχ.8.6 Πολυβάθμιες αντλίες επιφανείας α) διβάθμια(ΛΙΟΦΑΓΟΣ-ΡΟΗ) β) αθόρυβη(ΑΝΑΒΑΛΟΣ) γ) υψηλής πίεσης(ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).

Στις διβάθμιες αντλίες, η πρώτη βαθμίδα έχει κυλινδρικό περίβλημα σταθερών πτερυγίων και η δεύτερη σπειροειδές κέλυφος. Το αντλούμενο υγρό εισέρχεται στην πρώτη βαθμίδα, μέσω οδηγών πτερυγίων οδηγείται στη δεύτερη από την οποία εξέρχεται μέσω του σπειροειδούς περιβλήματος. Οπότε, στις αντλίες αυτές η αύξηση της πίεσης του αντλούμενου υγρού πραγματοποιείται με συνδυασμό πτερυγίων διάχυσης (πρώτη βαθμίδα) και σπειροειδούς περιβλήματος (δεύτερη βαθμίδα).

Οι πολυβάθμιες αντλίες υψηλής πίεσης, εξασφαλίζουν μανομετρικά ύψη μεγαλύτερα από κάθε κατηγορία αντλιών επιφανείας. Κατασκευαστικά, οι αντλίες αυτές ανήκουν στην κατηγορία κυλινδρικών πολυβάθμιων αντλιών, τις οποίες αναπτύξαμε στο θεωρητικό μέρος.

Οι αθόρυβες αντλίες, κατασκευαστικά είναι όμοιες με τις αντλίες υψηλής πίεσης και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στις οποίες δεν θέλουμε να έχουμε θόρυβώδη λειτουργία. Η πραγματοποίηση της αθόρυβης λειτουργίας επιτυγχάνεται λόγω, της εξολοκλήρου κατασκευής από ανοξείδωτο χάλυβα, της μεγάλης ακρίβειας κατασκευής των διακένων και λόγω του υδραυλικού σχεδιασμού τους.

Οι διβάθμιες και οι αθόρυβες αντλίες εδράζονται οριζόντια, ενώ οι πολυβάθμιες αντλίες υψηλής πίεσης εδράζονται είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα. Η χρήση των αθόρυβων αντλιών προορίζεται για νερό, ενώ των διβάθμιων και των αντλιών μεγάλης πίεσης για νερό, καύσιμα, ελαφρά έλαια.

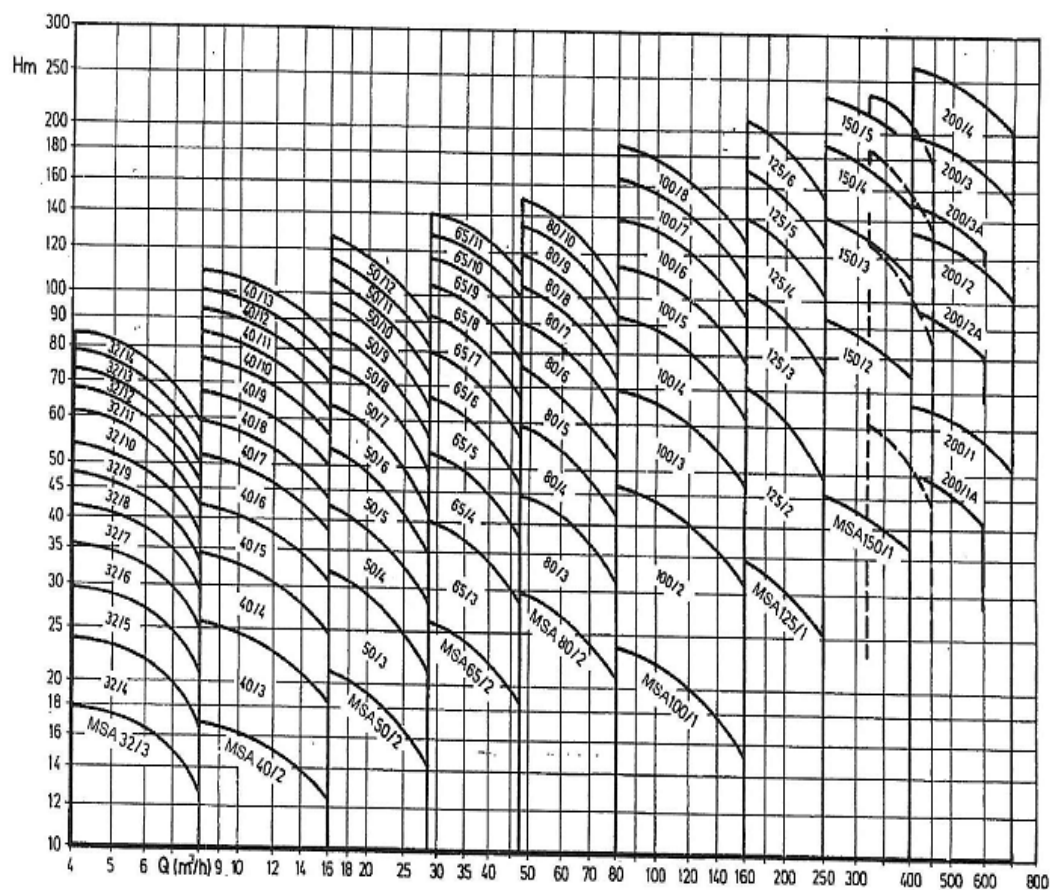
### 8.4.2 Εύρος λειτουργίας

Ο παρακάτω πίνακας (Πιν.8.5) παρουσιάζει τα υδραυλικά χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας.

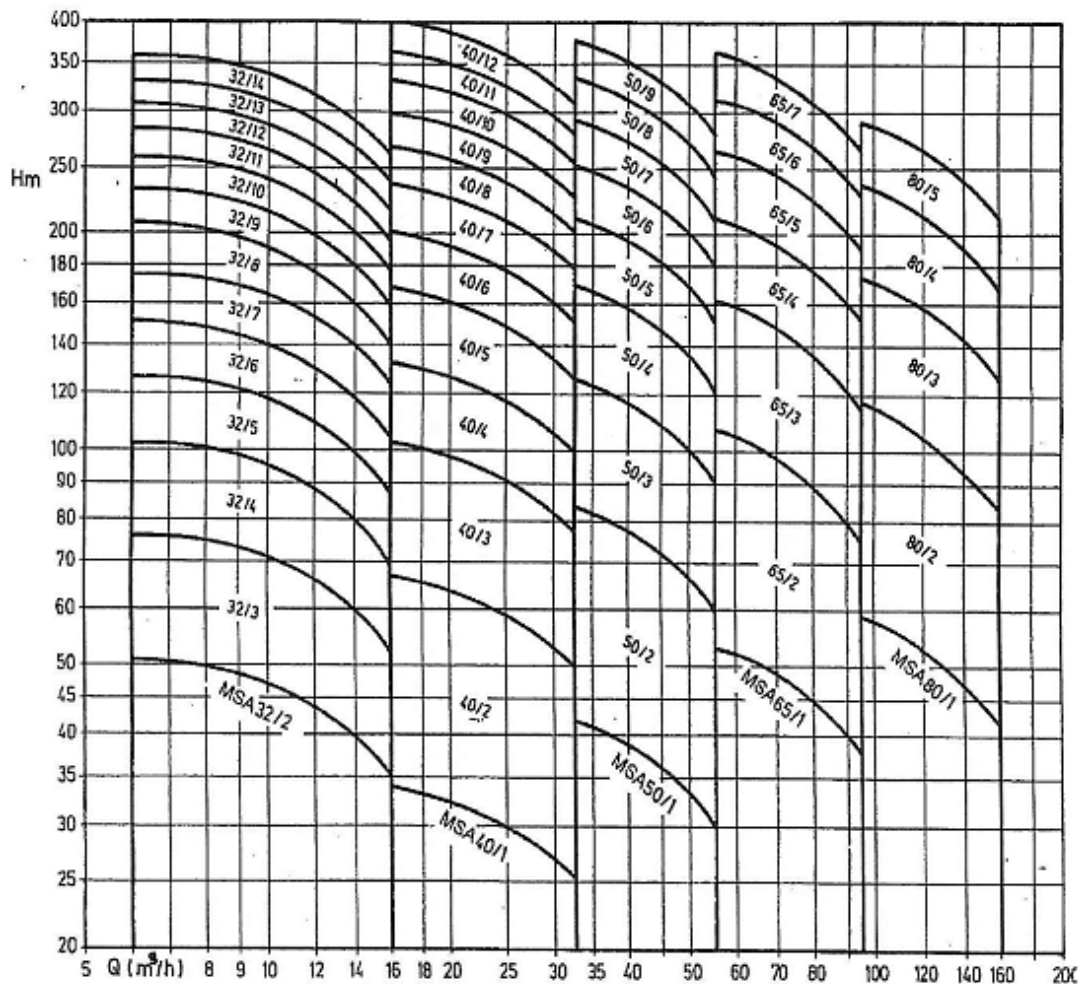
Πιν.8.5 Εύρος λειτουργίας πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας.

	Διβάθμιες	Αθόρυβες	Υψηλής πίεσης
<b>Παροχή (Q) έως(m<sup>3</sup>/h)</b>	95	28	550
<b>Μανομετρικό ύψος (H) έως (m)</b>	136	60	400
<b>Μέγιστη πίεση (bar)</b>	20	6/10	40
<b>Θερμοκρασία λειτουργίας(°C)</b>	από -20 έως 140	120/90	από -20 έως 140

Στα παρακάτω διαγράμματα (Διαγρ.8.7, Διαγρ.8.8) , παρουσιάζεται αναλυτικά το εύρος λειτουργίας των πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας **υψηλής πίεσης**, στις 1450 rpm και στις 2900 rpm αντίστοιχα.



Διαγρ.8.7 Εύρος λειτουργίας πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας **υψηλής πίεσης** στις 1450 rpm(ANAVALOS).



Διαγρ.8.8 Εύρος λειτουργίας πολυβάθμιων αντλιων επιφανείας υψηλής πίεσης στις 2900rpm(ANAVALOS).

Στα παραπάνω διαγράμματα (Διαγρ8.7, Διαγρ.8.8), ο πρώτος αριθμός υποδηλώνει την διάμετρο του στομίου κατάθλιψης, αύξηση του οποίου συνεπάγεται και αύξηση της παροχής, ενώ ο δεύτερος αριθμός υποδηλώνει τον αριθμό των βαθμίδων που έχουν τοποθετηθεί. Με αύξηση του αριθμού των τοποθετημένων βαθμίδων αυξάνεται αναλογικά το μανομετρικό ύψος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, για αυξανόμενη τιμή της διαμέτρου του στομίου κατάθλιψης, αυξάνεται και η μέγιστη διάμετρος της περωτής και κατά συνέπεια το μανομετρικό ύψος ανά βαθμίδα.

Παρατηρούμε ότι, για αυξανόμενες τιμές των διαστάσεων της βαθμίδας και κατά συνέπεια του μανομετρικού ύψους ανά βαθμίδα αλλά και της παροχής, μειώνεται ο αριθμός των βαθμίδων που μπορούν να τοποθετηθούν.

Όσον αφορά την ταχύτητα περιστροφής παρατηρούμε ότι, μία αντλία ίδιων διαστάσεων βαθμίδας, στις 2900 rpm καλύπτει μεγαλύτερα μανομετρικά ύψη και παροχές λειτουργίας σε σύγκριση με αυτές που παρουσιάζει στις 1450 rpm, και μειώνεται ο μέγιστος αριθμός βαθμίδων που μπορούν να τοποθετηθούν.

Στον παρακάτω πίνακα (Πιν.8.6), παρουσιάζονται τα κανονικά σημεία λειτουργίας (για μέγιστη διάμετρο πτερωτής) μονής βαθμίδας, των πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας υψηλής πίεσης στις 1450rpm, ο ειδικός αριθμός στροφών τους και ο βαθμός απόδοσης (μέγιστος λόγω κανονικού σημείου λειτουργίας).

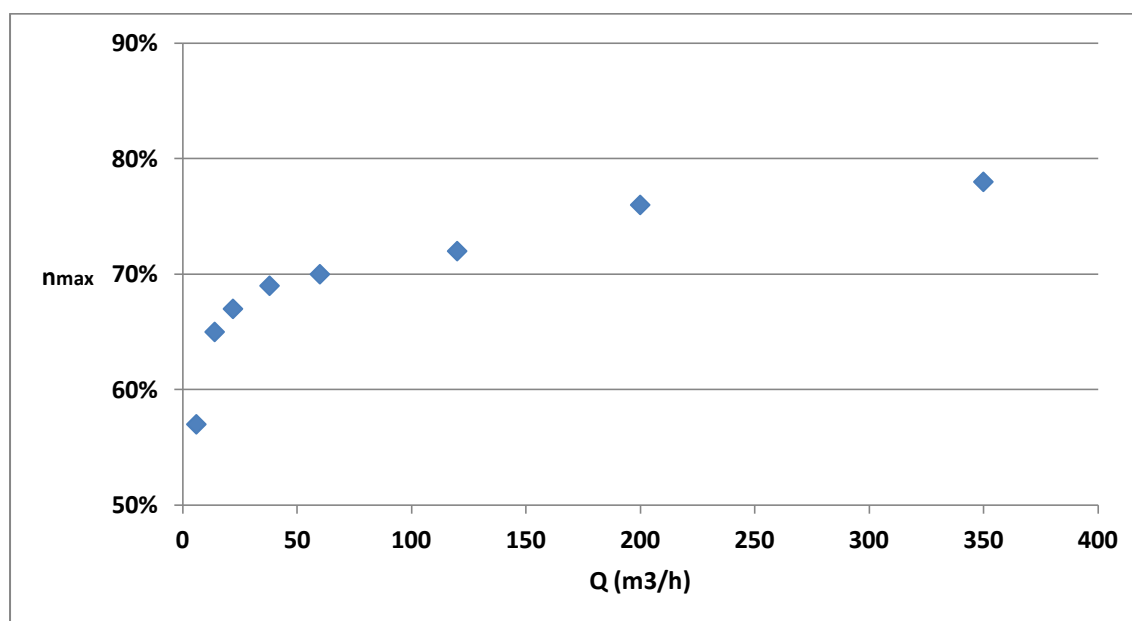
Πιν.8.6 Κανονικά σημεία λειτουργίας πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας υψηλής πίεσης στις 1450rpm.

	$Q_k$	$H_k$	$n_q$	$n_{max}$
<b>32-1</b>	6	5,4	1003	57%
<b>40-1</b>	14	7	1261	65%
<b>50-1</b>	22	9	1309	67%
<b>65-1</b>	38	11,5	1431	69%
<b>80-1</b>	60	13,5	1595	70%
<b>100-1</b>	120	20	1680	72%
<b>125-1</b>	200	30	1600	76%
<b>150-1</b>	350	42	1644	78%

Παρατηρούμε ότι, για αυξανόμενες τιμές του στομίου κατάθλιψης και κατά συνέπεια της παροχής και του μανομετρικού ύψους ανά βαθμίδα, αυξάνεται ο ειδικός αριθμός  $n_q$  στροφών, κάτι το οποίο οφείλεται στο ότι η παροχή αυξάνεται αναλογικά περισσότερο από την αύξηση του μανομετρικού ύψους. Από τις τιμές του  $n_q$ , παρατηρούμε ότι οι πτερωτές των αντλιών αυτών είναι ακτινικής ροής.

Επίσης, για αυξανόμενες τιμές του στομίου κατάθλιψης αυξάνεται και ο βαθμός απόδοσης, κάτι το οποίο οφείλεται στο ότι αυξάνονται οι διαστάσεις της βαθμίδας.

Το παρακάτω διάγραμμα, απεικονίζει το βαθμό απόδοσης της βαθμίδας σε συνάρτηση με τη κανονική παροχή ( $Q_k$ ) στις 1450rpm.

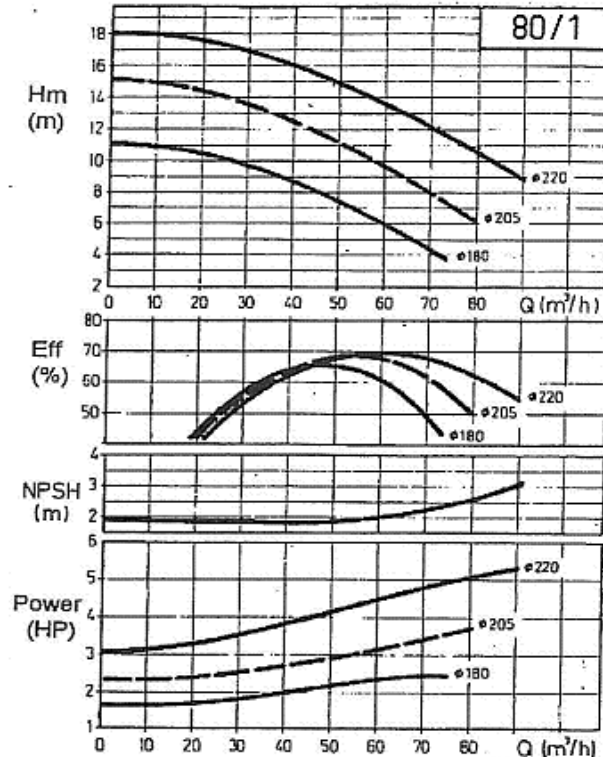


Διαγρ.8.9 Βαθμός απόδοσης  $n_{max}$  πολυβάθμιων αντλιών υψηλής πίεσης σε συνάρτηση με την κανονική παροχή  $Q$  στις 1450rpm.

Ανάλογα με το επιθυμητό σημείο λειτουργίας, από τα παραπάνω διαγράμματα (Διαγρ.8.7, Διαγρ.8.8) επιλέγεται η αντλία με τις κατάλληλες διαστάσεις βαθμίδας, ο αριθμός βαθμίδων που θα τοποθετηθούν και οι στροφές λειτουργίας.

Έπειτα, εξετάζονται οι αναλυτικές καμπύλες λειτουργίας της βαθμίδας της αντλίας, έτσι ώστε να αποφασιστεί η μείωση διαμέτρου της περωτής ώστε να εξασφαλιστεί το επιθυμητό σημείο λειτουργίας.

Το παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.8.10) απεικονίζει, τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας μόνης βαθμίδας για διατομή στομίου κατάθλιψης 80mm στις 1450rpm.



Διαγρ.8.10 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας βαθμίδας για διατομή αγωγού κατάθλιψης 80mm στις 1450rpm (ANAVALOS).

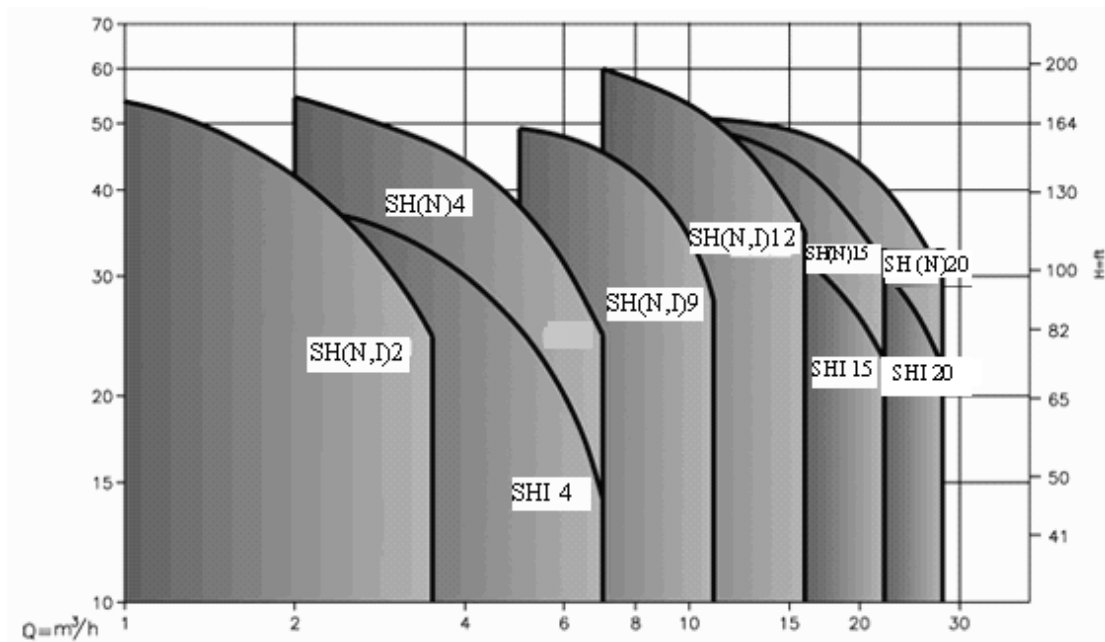
Παρατηρούμε ότι, η αντλία αυτή σε μέγιστη διάμετρο περωτής  $\Phi=220mm$ , παρουσιάζει μέγιστο βαθμό απόδοσης  $\eta_1=70\%$  στο κανονικό σημείο λειτουργίας  $Q_{K1}=60m^3/h$  και  $H_{K1}=13,5m$ , όπου απορροφάται ισχύς 4,5KW και παρουσιάζει  $NPSH=2m$ .

Η χαρακτηριστική καμπύλη  $H-Q$  χαρακτηρίζεται ως ευσταθής, καθώς η μέγιστη τιμή του ολικού ύψους παρουσιάζεται στην μηδενική παροχή. Η καμπύλη  $N-Q$  χαρακτηρίζεται ως καμπύλη υπερφόρτισης καθώς η απορροφούμενη ισχύς συνεχίζει να αυξάνεται για παροχές μεγαλύτερες της κανονικής.

Αξίζει να τονίσουμε ότι, ο βαθμός απόδοσης και η τιμή του  $NPSH$  είναι ανεξάρτητες από τον αριθμό βαθμίδων που θα τοποθετηθούν, ενώ η απορροφούμενη ισχύς αυξάνεται αναλογικά με τον αριθμό τοποθετούμενων βαθμίδων.

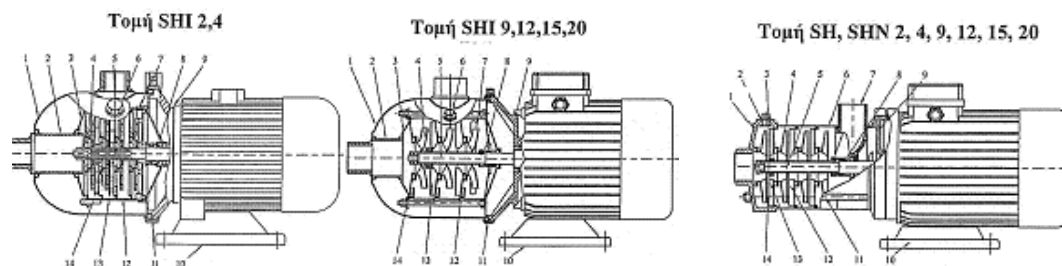
Παρατηρούμε ότι, τρόχισμα της περωτής έως  $\Phi=205mm$  δε μεταβάλλει το μέγιστο βαθμό απόδοσης στο κανονικό σημείο λειτουργίας  $Q_{K2}=55m^3/h$  και  $H_{K2}=10,5m$ . Ενώ, για μέγιστη μείωση διαμέτρου σε  $\Phi=180mm$  παρουσιάζεται πτώση του μέγιστου βαθμού απόδοσης περίπου κατά 4%, στο κανονικό σημείο λειτουργίας  $Q_{K3}=45m^3/h$  και  $H_{K3}=8m$ .

Το παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.8.11), απεικονίζει το εύρος λειτουργίας των **αθόρυβων** πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας στις 2900rpm.



Διαγρ.8.11 Εύρος λειτουργίας **αθόρυβων** πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας στις 2900rpm(ANAVALOS).

Στο διάγραμμα αυτό, αναλύεται το εύρος λειτουργίας των δύο τύπων αθόρυβων πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας SHI και SHN, οι οποίοι διαφέρουν κατασκευαστικά και η μορφή τους παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.8.7).

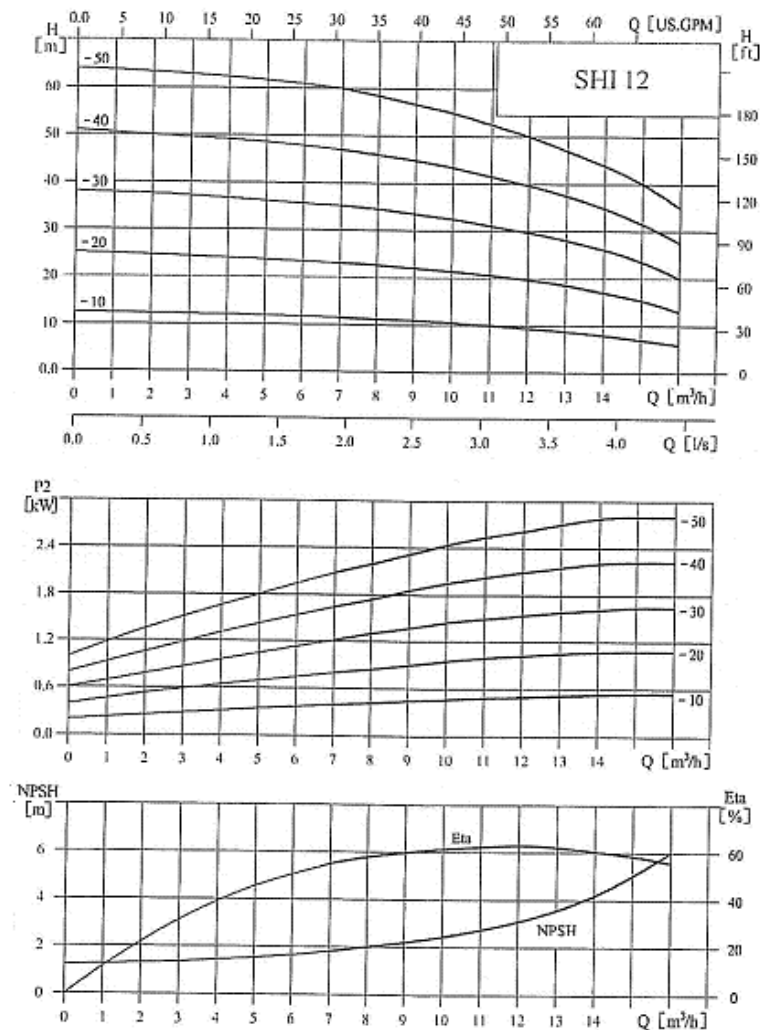


Σχ.8.7 Σκαριφήματα αθόρυβων αντλιών.(ANAVALOS)

Ο αριθμός υποδηλώνει τη κανονική παροχή, δηλαδή τη παροχή στην οποία παρουσιάζεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης. Επίσης, υπάρχει διαφοροποίηση στην μορφή της πτερωτής ανάλογα με τη παροχή. Για κανονικές παροχές έως 4m<sup>3</sup>/h χρησιμοποιούνται πτερωτές πλήρως ακτινικής μορφής, ενώ για μεγαλύτερες κανονικές παροχές χρησιμοποιούνται πτερωτές ακτινικής ροής μεγαλύτερης κλίσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα .8.7.

Οι αντλίες SHI και SHN, έχουν ίδιες χαρακτηριστικές καμπύλες ανά βαθμίδα για την ίδια κανονική παροχή. Όμως οι αντλίες SHN μπορούν να αποδώσουν μεγαλύτερο μανομετρικό ύψος από τις SHI στην ίδια παροχή (για κανονικές παροχές 4, 15 και 20m<sup>3</sup>/h), κάτι το οποίο οφείλεται στο γεγονός ότι στις παροχές αυτές μπορούν να δεχθούν μεγαλύτερο αριθμό βαθμίδων.

Το παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.8.12), απεικονίζει τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας μίας **αθόρυβης** πολυβάθμιας αντλίας επιφανείας (SHI 12).



Διαγρ.8.12 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας αθόρυβης πολυβάθμιας αντλίας επιφανείας SHI12 στις 2900rpm(ANAVALOS).

Στο διάγραμμα αυτό, ο αριθμός κάθε χαρακτηριστικής καμπύλης υποδηλώνει τον αριθμό βαθμίδων που έχουν τοποθετηθεί ( Ο αριθμός 10 υποδηλώνει την τοποθέτηση μίας βαθμίδας).

Η αντλία αυτή μπορεί να δεχθεί έως πέντε βαθμίδες και παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας ανάλογα με τον αριθμό των τοποθετημένων βαθμίδων, όπου παρατηρείται αναλογική αύξηση του μανομετρικού ύψους ανά βαθμίδα.

Από το διάγραμμα αυτό, παρατηρούμε ότι η αντλία αυτή παρουσιάζει μέγιστο βαθμό απόδοσης  $\eta=64\%$ , στο κανονικό σημείο λειτουργίας  $Q_K=12\text{m}^3/\text{h}$  (όπως υποδηλώνεται από την ονομασία της SHI12) και  $H_K=10\text{m}$  στο οποίο αποροφάται ισχύς  $N=0,5\text{KW}$  ανα βαθμίδα και παρουσιάζεται  $\text{NPSH}=3\text{m}$ .

Αξίζει να τονίσουμε ότι, η αντλία αυτή (SHI 12) παρουσιάζει το μεγαλύτερο μέγιστο βαθμό απόδοσης από όλες τις αθόρυβες πολυβάθμιες αντλίες επιφανείας.



### 8.4.3 Υλικά κατασκευής

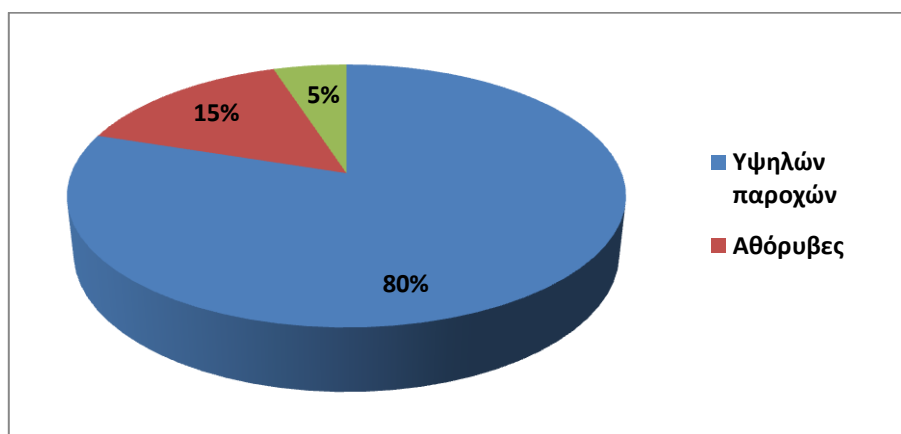
Τα υλικά κατασκευής των πολυβάθμιων αντλιών υψηλής πίεσης και των διβάθμιων αντλιών επιφανείας εξαρτώνται από το είδος του αντλούμενου υγρού (νερό, οξέα, καύσιμα), την θερμοκρασία του, την μηχανική σκληρότητα του και την διάμετρο των αιωρημάτων και η επιλογή τους ακολουθεί τους κανόνες των μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας (δες παρ.8.3.3)

Οι αθόρυβες αντλίες επιφανείας, παρόλο που χρησιμοποιούνται για άντληση καθαρού νερού κατασκευάζονται εξολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα AISI304 ή AISI316 για να επιτυγχάνεται η αθόρυβη λειτουργία τους.

Στις αθόρυβες αντλίες η στεγανοποίηση του άξονα πραγματοποιείται με μηχανικό στυπιοθλίπτη. Οι διβάθμιες και οι υψηλών παροχών αντλίες στεγανοποιούνται είτε με χρήση σαλαμάστρας είτε με χρήση μηχανικού στυπιοθλίπτη. Τα κριτήρια επιλογής ανάμεσα σε αυτά τα δύο μέσα ( στυπιοθλίπτης, σαλαμάστρα) είναι όμοια με αυτά των μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας.

### 8.4.4 Χρήσεις και ποσοστά εφαρμογών

Οι πολυβάθμιες αντλίες επιφανείας καλύπτουν περίπου το **14%** της **συνολικής παραγωγής** αντλιών ελληνικής κατασκευής, όπως φαίνεται από το Σχήμα 8.3 . Το ποσοστό αυτό αναφέρεται και στις τρεις κατηγορίες πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας. Το σχήμα (Σχ.8.8) που ακολουθεί αναλύει τα ποσοστά παραγωγής της κάθε μίας κατηγορίας, σύμφωνα με τα στοιχεία των κατασκευαστικών εταιριών που συγκεντρώσαμε.



Σχ.8.8 Ποσοστό παραγωγής κατηγοριών(υψηλών παροχών, αθόρυβες, διβάθμιες) πολυβάθμιων αντλιών επί τον αριθμό παραγόμενων πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας.

Παρατηρούμε ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής** πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας καλύπτεται από τις **αντλίες υψηλής πίεσης**. Η χρήση των αντλιών υψηλών παροχών αναφέρεται στους τομείς των δήμων-κοινοτήτων, της βιομηχανίας και τις αγροτικές εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα:

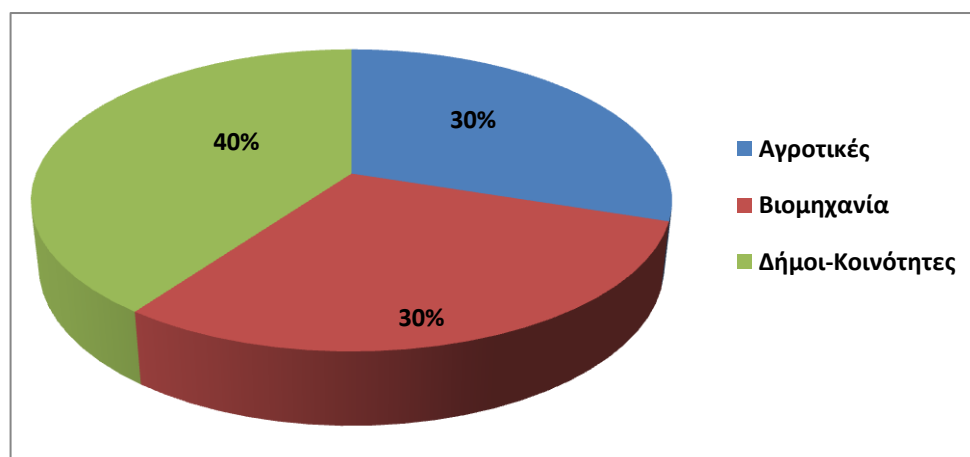
Στον τομέα των δήμων-κοινοτήτων η χρήση τους αναφέρεται σε ύδρευση οικισμών ορεινών περιοχών. Σε αυτές τις περιπτώσεις το νερό μεταφέρεται στον οικισμό με ενδιάμεσες δεξαμενές σε αντλιοστάσια.

Στον τομέα της βιομηχανίας, χρησιμοποιούνται για εφαρμογές όπου χρειαζόμαστε υψηλή πίεση. Ορισμένες από αυτές είναι η τροφοδοσία ατμολέβητων. Επίσης,

χρησιμοποιούνται στις τσιμεντοβιομηχανίες, όπου παράγουν νερό σε πολύ υψηλή πίεση το οποίο οδηγείται σε ένα ακροφύσιο, και δημιουργεί ένα νέφος σταγονιδίων στα οποία προσκολλάται σκόνη του τσιμέντου και επικάθεται.

Στον αγροτικό τομέα η χρήση τους αναφέρεται σε άρδευση αγροτικών καλλιεργειών.

Το Σχήμα 8.9 παρακάτω, αναλύει τα ποσοστά χρήσης των αντλιών υψηλών παροχών σε κάθε ένα από τους τομείς αυτούς, σύμφωνα με τα στοιχεία των κατασκευαστικών εταιριών που συγκεντρώσαμε.



Σχ.8.9 Ποσοστά χρήσης πολυβάθμιων αντλιών υψηλών παροχών σε κάθε πεδίο εφαρμογών

Ορισμένες εφαρμογές των αθόρυβων αντλιών είναι η ύδρευση από πηγάδια ή δεξαμενές, η άρδευση κήπων, η χρήση τους σε ιχθυοκαλλιέργειες, σε συστήματα κλιματισμού, ψύξης, σε βιομηχανικό καθαρισμό, και σε συστήματα λιπάσματος.

Οι διβάθμιες αντλίες επιφανείας, χρησιμοποιούνται κυρίως για άρδευση αγροτικών καλλιεργειών και για ύδρευση από πηγάδια ή δεξαμενές.

## 8.5 Αντλίες IN-LINE, κυκλοφορητές

### 8.5.1 Περιγραφή

Οι αντλίες IN-LINE είναι αντλίες επιφανείας είτε μονοβάθμιες είτε πολυβάθμιες, των οποίων τα στόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης είναι ομοαξονικά και ίδιου μεγέθους. Η χρήση τους προορίζεται για καθαρά υγρά. Για την ανάλυση των αντλιών IN-LINE που κατασκευάζονται στην Ελλάδα τις κατατάξαμε στις εξής κατηγορίες:

- **Μονοβάθμιες IN-LINE.**
- **Πολυβάθμιες IN-LINE.**
- **Κυκλοφορητές.**

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.10) απεικονίζει μία αντλία από τη κάθε κατηγορία.



α) β) γ)  
 Σχ.8.10 Αντλίες IN-LINE α) μονοβάθμια (ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ)  
 β) πολυβάθμια (ANAVALOS) γ) κυκλοφορητής(ANAVALOS).

Οι αντλίες αυτές συνδέονται άμεσα με τον κινητήρα (μονομπλοκ). Οι μονοβάθμιες αντλίες IN-LINE και οι κυκλοφορητές μπορούν να τοποθετηθούν είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα. Σε περίπτωση κατακόρυφης τοποθέτησης ο κινητήρας πρέπει να βρίσκεται στο επάνω μέρος του αντλητικού συγκροτήματος. Οι πολυβάθμιες αντλίες IN-LINE τοποθετούνται κατακόρυφα.

Οι **κυκλοφορητές** χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για συστήματα κυκλοφορίας ζεστού νερού σε συστήματα θέρμανσης. Διακρίνονται σε δύο τύπους:

- **Απλός**, ενεργειακής σήμανσης B ή C. Διαθέτει χειροκίνητη επιλογή τριών ταχυτήτων μέσω διακόπτη ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου.
- **Ηλεκτρονικός**, ενεργειακής σήμανσης A. Διαθέτει αυτόματη ρύθμιση, ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου (σύστημα ADAPT). Οι ηλεκτρονικοί κυκλοφορητές είναι σύμφωνοι με τις ευρωπαϊκές οδηγίες κατά EuP που θα ισχύει από την 01/01/2013.

Οι ηλεκτρονικοί κυκλοφορητές παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των απλών:

- Δεν χρειάζεται εξαέρωση της αντλίας, καθώς αυτή πραγματοποιείται με την εξαέρωση του δικτύου.
- Παρουσιάζουν οικονομία τουλάχιστον 60% σε σύγκριση με τους απλούς.

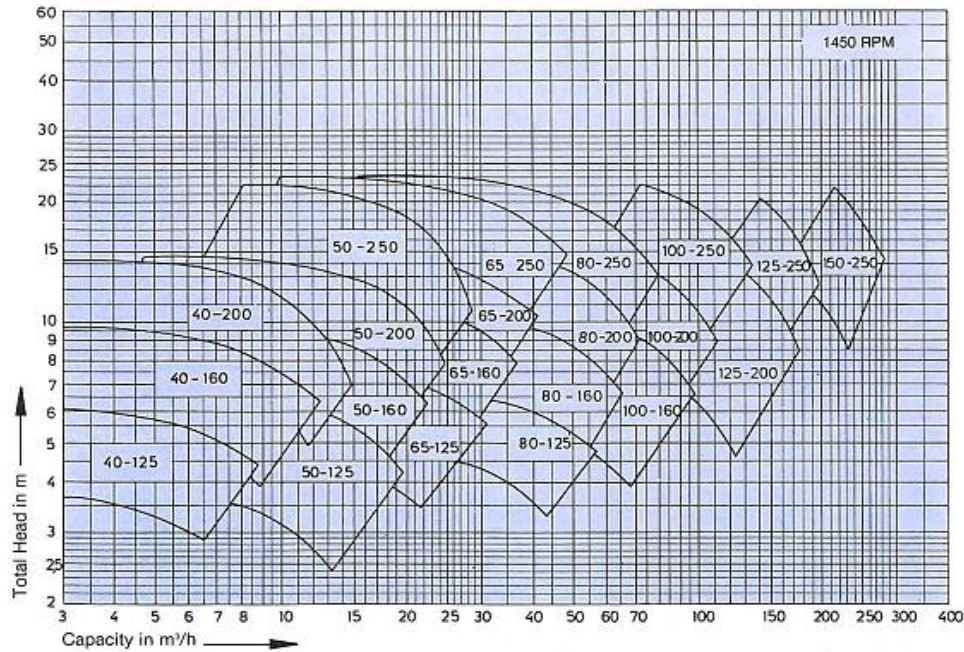
### 8.5.2 Εύρος λειτουργίας

Στον παρακάτω πίνακα (Πιν.8.7) παρουσιάζονται τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των κατηγοριών αντλιών IN-LINE και των κυκλοφορητών.

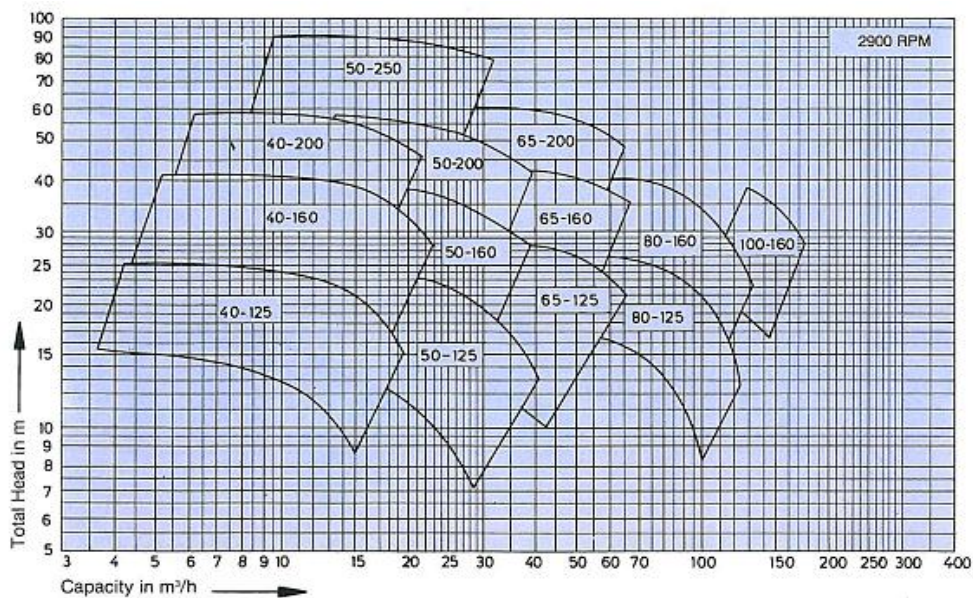
Πιν.8.7 Εύρος λειτουργίας αντλιών IN-LINE, κυκλοφορητών.

	Μονοβάθμιες IN-LINE	Πολυβάθμιες IN-LINE	απλός κυκλοφορητής	ηλεκτρονικός κυκλοφορητής
Παροχή (Q) έως (m <sup>3</sup> /h)	300	180	10	5
Μανομετρικό ύψος (H) έως (m)	90	300	12	8
Μέγιστη πίεση (bar)	10	30	10	10
Θερμοκρασία λειτουργίας (°C)	140	από -15 έως 120	από -10 έως 110	από -5 έως 95

Στα παρακάτω διαγράμματα (Διαγρ.8.13, Διαγρ.8.14), παρουσιάζεται το εύρος λειτουργίας των μονοβάθμιων αντλιών IN-LINE στις 1450 και 2900 rpm αντίστοιχα.



Διαγρ.8.13 Εύρος λειτουργίας μονοβάθμιων αντλιών IN-LINE στις 1450rpm (ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).



Διαγρ.8.14 Εύρος λειτουργίας μονοβάθμιων αντλιών IN-LINE στις 2900rpm (ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).

Στα διαγράμματα αυτά, κάθε περιοχή αναφέρεται σε μία αντλία η οποία χαρακτηρίζεται με δύο κωδικούς αριθμούς.

Ο πρώτος αριθμός υποδηλώνει την διάμετρο του στομίου κατάθλιψης (σε mm), το οποίο στις αντλίες αυτές ισούται με την διάμετρο του στομίου αναρρόφησης, αύξηση της οποίας συνεπάγεται αύξηση της παροχής.

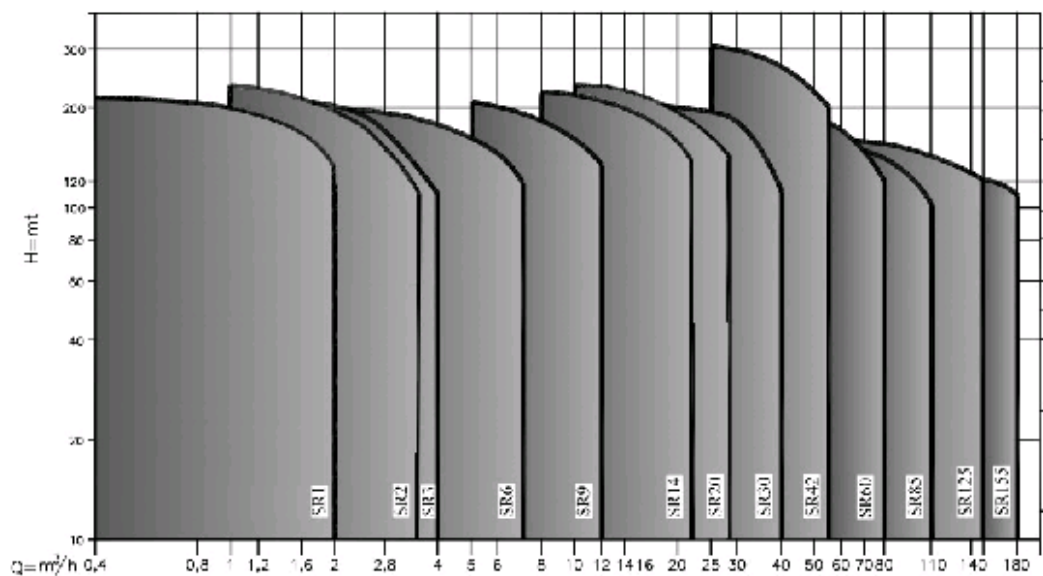
Ο δεύτερος αριθμός υποδηλώνει την διάμετρο της περωτής (σε mm), αύξηση της οποίας συνεπάγεται αύξηση του μανομετρικού ύψους.

Παρατηρούμε ότι, μία αντλία ίδιων διαστάσεων στις 2900 rpm αυξάνει το μανομετρικό ύψος και τη παροχή λειτουργίας της σε σύγκριση με τη λειτουργία της στις 1450rpm. Επίσης, στις 2900 rpm οι μονοβάθμιες αντλίες IN-LINE καλύπτουν μεγαλύτερα μανομετρικά υψή και μικρότερες παροχές σε σύγκριση με τις 1450rpm.

Από τα παραπάνω διαγράμματα, επιλέγεται η αντλία κατάλληλων διαστάσεων και οι στροφές στις οποίες θα λειτουργεί ανάλογα με το επιθυμητό σημείο λειτουργίας.

Έπειτα εξετάζονται οι αναλυτικές καμπύλες λειτουργίας της αντλίας, ώστε να αποφασιστεί το κατάλληλο τρόχισμα (μείωση διαμέτρου) της περωτής, για να εξασφαλιστεί το επιθυμητό σημείο λειτουργίας.

Το παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.8.15), απεικονίζει το εύρος λειτουργίας των πολυβάθμιων αντλιών IN-LINE στις 2900rpm και τη περιγραφή της κάθε αντλίας.



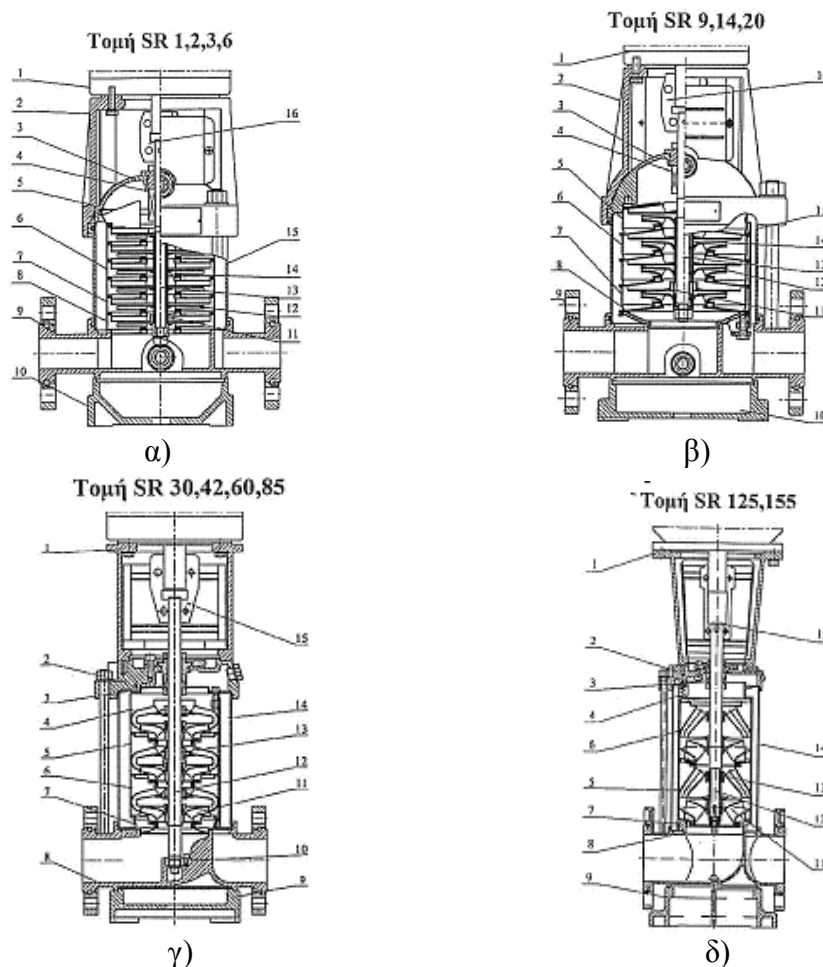
Περιγραφή Description	SR 1	SR 2	SR 3	SR 6	SR 9	SR 14	SR 20	SR 30	SR 42	SR 60	SR 85	SR125	SR155
Ονομαστική Παροχή [m <sup>3</sup> /h] Rated flow [m <sup>3</sup> /h]	1	2	3	6	9	14	20	30	42	60	85	125	155
Εύρος Παροχής [m <sup>3</sup> /h] Flow range [m <sup>3</sup> /h]	0,4-2	1-3,5	1,2-4	1,5-8	5-12	8-22	10-28	16-40	25-55	30-80	50-110	60-150	80-180
Μεγ. Πίεση [bar] Max. Pressure [bar]	21	23	22	21	21	22	23	26	30	22	17	16	16
Ισχύς Κινητήρα [kW] Motor Power [kW]	0,37-2,2	0,37-3	0,37-3	0,37-4	0,75-7,5	2,2-15	1,1-18,5	1,5-30	3-45	4-45	5,5-45	11-75	11-75
Εύρος Θερμοκρασιών [°C] Temperature range [°C]	-15 ~ +120												
Μεγ. Βυθμός αποδόσης [%] Max. efficiency [%]	44	46	54	59	64	66	69	76	78	80	81	67	68
SR Σύνδεση σωλήνους SR Pipe connection													
Φλάντζα κατά DIN DIN Flange	DN25	DN25	DN25	DN32	DN40	DN50	DN50	DN65	DN80	DN100	DN100	DN125	DN125

Διαγρ. 8.15 Εύρος λειτουργίας πολυβάθμιων αντλιών IN-LINE στις 2900rpm (ANAVALOS).

Στο διάγραμμα αυτό, ο κωδικός αριθμός υποδηλώνει την ονομαστική παροχή, όπως φαίνεται και από τη περιγραφή. Επίσης, παρατίθεται το εύρος λειτουργίας για κάθε αντλία, μέσα στο οποίο βρίσκεται το κανονικό σημείο λειτουργίας.

Όπως παρατηρούμε, οι αντλίες αυτές καλύπτουν μεγάλο εύρος παροχών. Για τον λόγο αυτό, υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στην μορφή των πτερωτών που χρησιμοποιούνται ανάλογα με τη παροχή. Πιο συγκεκριμένα, για ονομαστικές παροχές από 1 έως 6 m<sup>3</sup>/h χρησιμοποιούνται πτερωτές πλήρως ακτινικής ροής, για ονομαστικές παροχές από 9 έως 20 m<sup>3</sup>/h χρησιμοποιούνται ελικοειδείς πτερωτές μικτής ροής, για παροχές από 30 έως 85 m<sup>3</sup>/h χρησιμοποιούνται διαγώνιες πτερωτές μικτής ροής και τέλος για ονομαστικές παροχές από 125 έως 155 m<sup>3</sup>/h χρησιμοποιούνται διαγώνιες πτερωτές μικτής ροής μεγαλύτερης κλίσης των πτερωτών και των πτερυγίων διάχυσης.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.8.11), παρουσιάζονται τα σκαριφήματα των πολυβάθμιων αντλιών IN-LINE, στα οποία φαίνεται η διαφοροποίηση της μορφής των πτερωτών ανάλογα με τη παροχή.

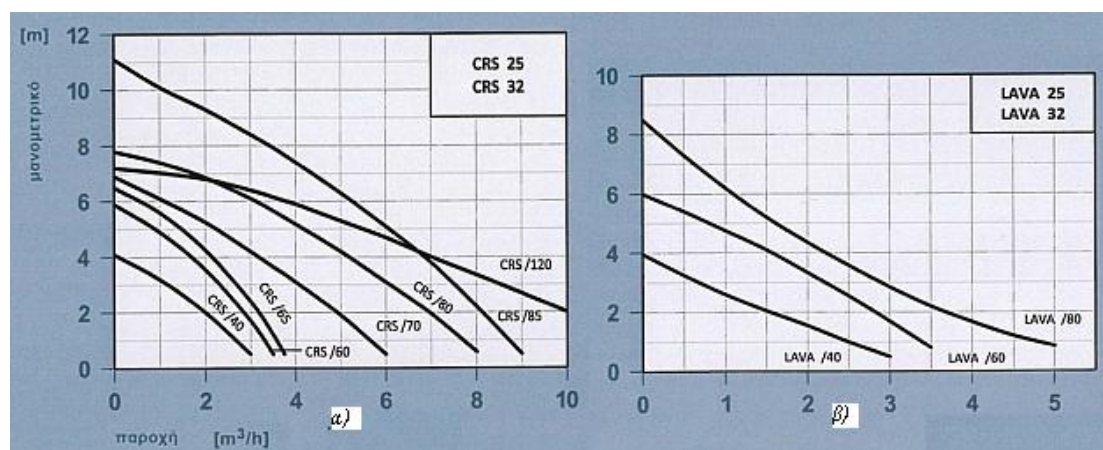


Σχ.8.11 Σκαριφήματα πολυβάθμιων αντλιών IN-LINE με πτερωτές α) ακτινικής ροής β) ελικοειδείς μικτής ροής γ) διαγώνιες μικτής ροής δ) διαγώνιες μικτής ροής μεγάλης κλίσης(ANAVALOS).

Ο βαθμός απόδοσης των αντλιών αυτών όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 8.15 αυξάνεται για αυξανόμενες τιμές της παροχής και κατά συνέπεια των διαστάσεων της βαθμίδας, έως την ονομαστική παροχή  $85\text{m}^3/\text{h}$  και έπειτα παρουσιάζεται πτώση του.

Όσο αναφορά των αριθμό τοποθετούμενων βαθμίδων, για αυξανόμενες τιμές της ονομαστικής παροχής και κατά συνέπεια των διαστάσεων της βαθμίδας, μειώνεται ο αριθμός των βαθμίδων που μπορούν να τοποθετηθούν. Πιο συγκεκριμένα, στη μικρότερη ονομαστική παροχή (SR1), η αντλία μπορεί να δεχθεί έως 36 βαθμίδες, ενώ στη μέγιστη ονομαστική παροχή (SR155) μπορεί να δεχθεί έως 6 βαθμίδες.

Το παρακάτω διάγραμμα(Διαγρ.8.16) παρουσιάζει τις χαρακτηριστικές καμπύλες (H-Q) των απλών και ηλεκτρονικών κυκλοφορητών.



Διαγρ.8.16 Εύρος λειτουργίας κυκλοφορητών α) απλός β) ηλεκτρονικός(ANAVALOS).

### 8.5.3 Υλικά κατασκευής

Τα υλικά κατασκευής των μονοβάθμιων αντλιών IN-LINE δεν παρουσιάζουν διαφοροποίηση από αυτά των μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας απλής αναρρόφησης κατά DIN 24255.

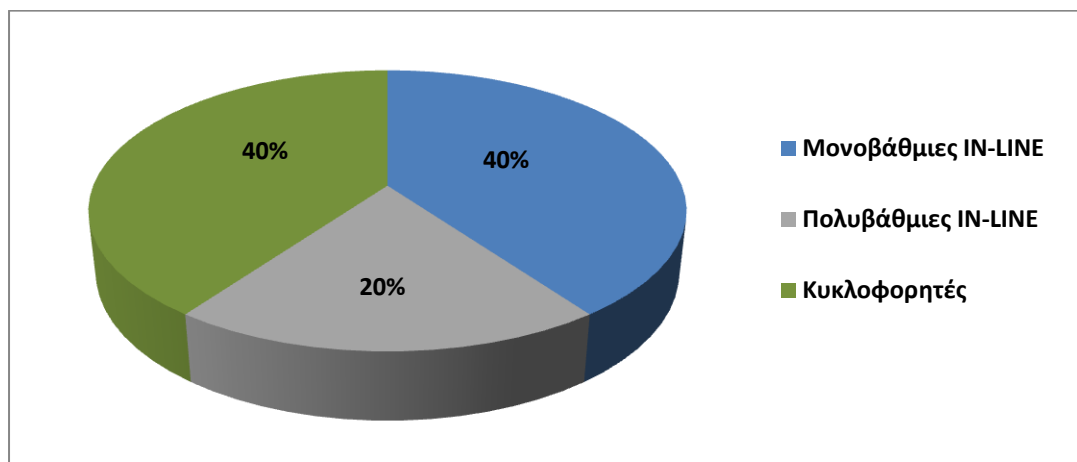
Οι πολυβάθμιες αντλίες IN-LINE, κατασκευάζονται εξολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 304 ή AISI 316.

Στους κυκλοφορητές η πτερωτή κατασκευάζεται από θερμοπλαστική ρητίνη, η οποία εξασφαλίζει μικρότερο βάρος και καλό βαθμό απόδοσης. Επίσης, ο άξονας κατασκευάζεται είτε από κεραμικό άξονα, είτε από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 316. Ο κεραμικός άξονας πλεονεκτεί στο ότι δε πραγματοποιούνται επικαθήσεις ιζημάτων.

Η στεγανοποίηση του άξονα όλων των αντλιών αυτής της κατηγορίας πραγματοποιείται με μηχανικό στυπιοθλίπτη.

#### 8.5.4 Χρήσεις και ποσοστά χρήσεων

Οι αντλίες IN-LINE (μονοβάθμιες, πολυβάθμιες) και οι κυκλοφορητές καλύπτουν περίπου το **10% της συνολικής παραγωγής αντλιών** ελληνικής κατασκευής, όπως φαίνεται από το σχήμα 8.3. Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.12) αναλύει τα ποσοστά παραγωγής κάθε μία κατηγορίας.



Σχ.8.12 Ποσοστό παραγωγής κατηγοριών (μονοβάθμιων, πολυβάθμιων,κυκλοφορητών) αντλιών IN-LINE επί τον αριθμό παραγόμενων αντλιών IN-LINE.

Παρατηρούμε ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής** καλύπτεται εξ΄ίσου από τις **μονοβάθμιες αντλίες IN-LINE** και τους **κυκλοφορητές**. Οι κυκλοφορητές, όπως αναλύσαμε και παραπάνω, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για κυκλοφορία ζεστού νερού, σε συστήματα θέρμανσης.

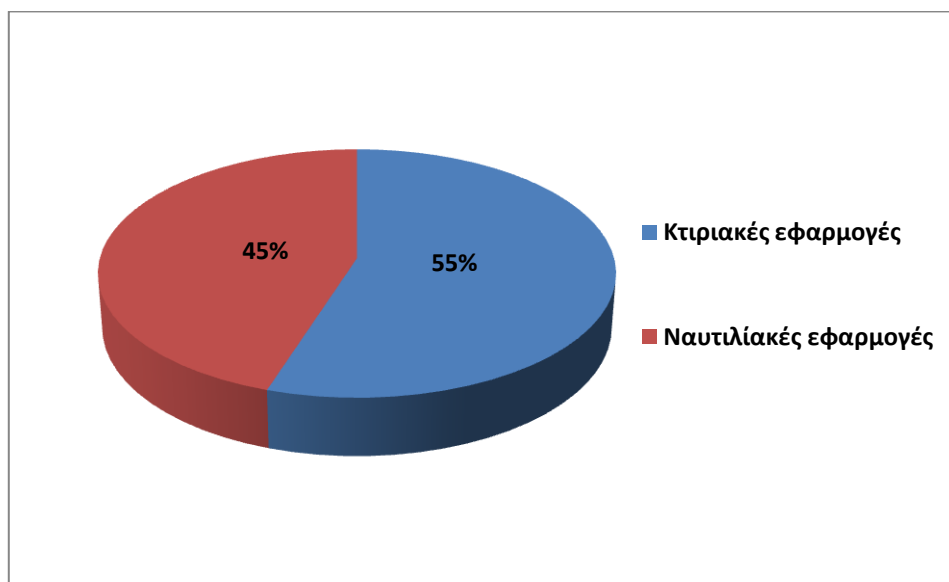
Οι μονοβάθμιες αντλίες IN-LINE χρησιμοποιούνται κυρίως σε δύο πεδία εφαρμογών:

Στον τομέα των κτιριακών εφαρμογών χρησιμοποιούνται για κυκλοφορία ψυχρού και θερμού νερού σε κλιματιστικές εγκαταστάσεις μεγάλων κοινόχρηστων χώρων, όπως σχολεία, νοσοκομεία, εμπορικά καταστήματα

Στον τομέα της ναυτιλίας, χρησιμοποιούνται για την πλήρωση-εκκένωση των δεξαμενών ευστάθειας των εμπορικών πλοίων. Σε αυτή τη περίπτωση ονομάζονται αντλίες έρματος. Επίσης, χρησιμοποιούνται για την ψύξη των μηχανών, την πυρόσβεση και τον κλιματισμό του πλοίου.



Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.13) , αναλύει τα ποσοστά χρήσης των μονοβάθμιων αντλιών IN-LINE στους τομείς αυτούς.



Σχ.8.13 Ποσοστά χρήσης μονοβάθμιων αντλιών IN-LINE σε κάθε πεδίο εφαρμογής.

Οι πολυβάθμιες αντλίες IN-LINE χρησιμοποιούνται για τις εξής εφαρμογές:

- Για φιλτράρισμα και μεταφορά νερού σε δίκτυα νερού.
- Σε συστήματα επεξεργασίας νερού, όπως συστήματα φιλτραρίσματος, αντίστροφης όσμωσης, απόσταξης.
- Σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπως συστήματα καθαρισμού, πλυντήρια υψηλής πίεσης, πυροσβεστικά συστήματα.
- Σε αγροτικές εφαρμογές, για πότισμα αγροτεμαχίων με ψεκασμό ή σταγονίδια.

## 8.6 Υποβρύχιες αντλίες γεωτρήσεων

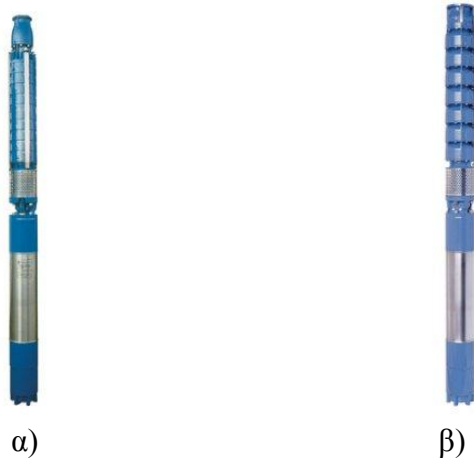
### 8.6.1 Περιγραφή

Στις υποβρύχιες αντλίες γεωτρήσεων, όπως αναφέρθηκε και στο θεωρητικό μέρος, και η αντλία και ο κινητήρας βρίσκονται εντός του αντλούμενου υγρού. Η τοποθέτησή τους κατά κύριο λόγο πραγματοποιείται κάθετα (γεωτρήσεις), αλλά είναι εφικτό να τοποθετηθούν και σε οριζόντια διάταξη (δεξαμενές). Οι αντλίες αυτές είναι πολυβάθμιες και κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τη μορφή των πτερωτών τους:

**Ακτινικής ροής**, οι οποίες χρησιμοποιούνται για μεγάλα μανομετρικά ύψη, επειδή μπορούν να δεχτούν μεγάλο αριθμό βαθμίδων εξαιτίας των μικρών διαστάσεών τους.

**Μικτής ροής**, οι οποίες χρησιμοποιούνται για μεγάλες παροχές.

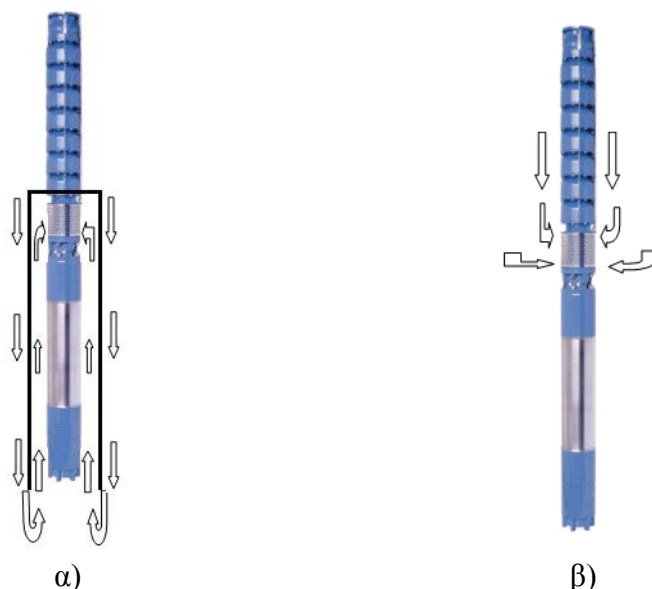
Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.14), απεικονίζεται μία αντλία από κάθε κατηγορία.



Σχ.8.14 υποβρύχιες αντλίες α) ακτινικής ροής β) μικτής ροής (ANAVALOS)

Στις αντλίες αυτές, η ψύξη του κινητήρα πραγματοποιείται μέσω του περιβάλλοντος υγρού. Σε περίπτωση κατακόρυφης τοποθέτησης η σωστή ψύξη του κινητήρα πραγματοποιείται με χρήση χιτωνίου ψύξης. Με την εφαρμογή χιτωνίου ψύξης το αντλούμενο υγρό αναγκάζεται πριν την είσοδο του στο στόμιο αναρρόφησης να περάσει από τον ηλεκτροκινητήρα. Με τον τρόπο αυτό ο κινητήρας και η αντλία βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, με αποτέλεσμα την ψύξη του κινητήρα. Στην περίπτωση μη τοποθέτησης χιτωνίου ψύξης, το αντλούμενο υγρό εισέρχεται στο στόμιο αναρρόφησης χωρίς να περάσει από τον ηλεκτροκινητήρα, με αποτέλεσμα να υπάρχουν μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στον κινητήρα και την αντλία. Συνέπεια αυτού είναι η κακή ψύξη και καταστροφή του ηλεκτροκινητήρα. Σε περιπτώσεις όπου η διάμετρος της γεώτρησης δεν επιτρέπει τη τοποθέτηση χιτωνίου ψύξης, η ψύξη του κινητήρα πραγματοποιείται με τη δημιουργία φίλτρων αέρος, δηλαδή ανοιγμάτων στον σωλήνα της γεώτρησης. Σε περίπτωση οριζόντιας τοποθέτησης της αντλίας, χρησιμοποιείται πάντα χιτώνιο ψύξης.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.15), παρουσιάζει τη ροή του αντλούμενου υγρού με χρήση ή χωρίς χιτώνιο ψύξης.



Σχ.8.15 Ροή αντλούμενου υγρού: α) με χιτώνιο ψύξης β) χωρίς χιτώνιο ψύξης(ANAVALOS)

### 8.6.2 Εύρος λειτουργίας

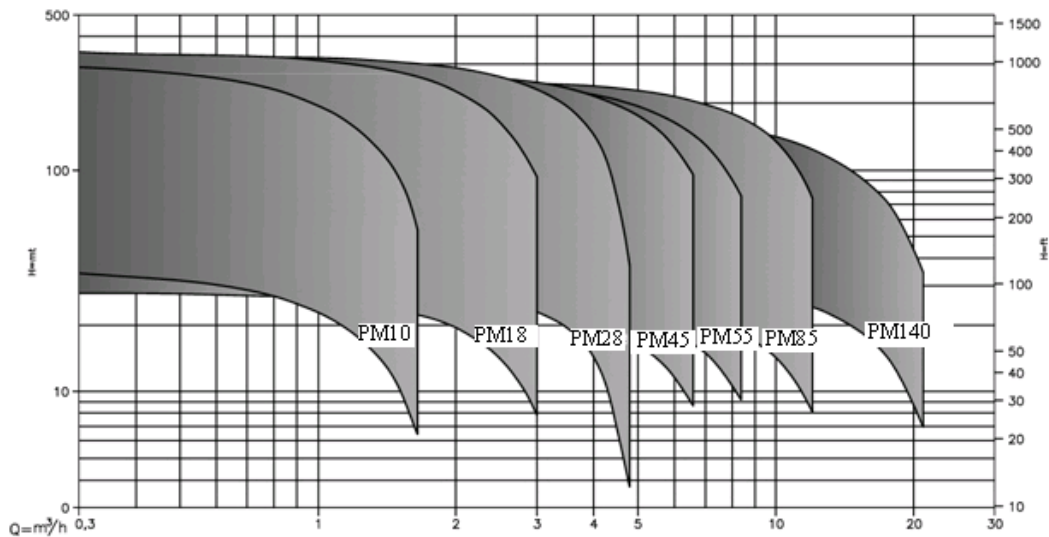
Ο παρακάτω πίνακας (Πιν.8.8) δίνει το εύρος λειτουργίας των αντλιών αυτών (για καθαρό νερό) ανάλογα με τη κατηγορία τους (ακτινικής, μικτής ροής).

Πιν.8.8 Εύρος λειτουργίας υποβρύχιων αντλιών.

	Ακτινικής ροής	Μικτής ροής
<b>Παροχή (Q) έως m<sup>3</sup>/h</b>	120	550
<b>Μανομετρικό ύψος (H)έως (m)</b>	670	600
<b>Θερμοκρασία λειτουργίας (έως °C)</b>	35	35

Η διαστασιολόγηση των αντλιών αυτών γίνεται σύμφωνα με το αγγλοσαξωνικό σύστημα σε ίντσες. Οι διαστάσεις των διαμέτρων των υποβρύχιων αντλιών ακτινικής ροής ξεκινούν από 4 ίντσες και φτάνουν έως 10 ίντσες. Οι διαστάσεις των διαμέτρων των υποβρύχιων αντλιών μικτής ροής έχουν μεγαλύτερο εύρος (4-12 ίντσες), επειδή καλύπτουν μεγαλύτερο πεδίο παροχών.

Το παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.8.17), απεικονίζει το εύρος λειτουργίας των υποβρύχιων αντλιών διαμέτρου 4 ιντσών, στις 2900rpm.



Διαγρ.8.17. Εύρος λειτουργίας των υποβρύχιων αντλιών, διαμέτρου 4 ιντσών στις 2900rpm (ANAVALOS).

Στο διάγραμμα αυτό, όλοι οι τύποι αντλιών έχουν την ίδια μέγιστη διάμετρο πτερωτής (4ίντσες). Σύμφωνα με τα επιμέρους στοιχεία των αναλυτικών καμπυλών λειτουργίας των αντλιών της κατηγορίας αυτής, παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας (Πιν.8.9), για ορισμένα κανονικά σημεία λειτουργίας.

Πιν.8.9 Χαρακτηριστικά μεγέθη λειτουργίας υποβρύχιων αντλιών, διαμέτρου 4 ιντσών.

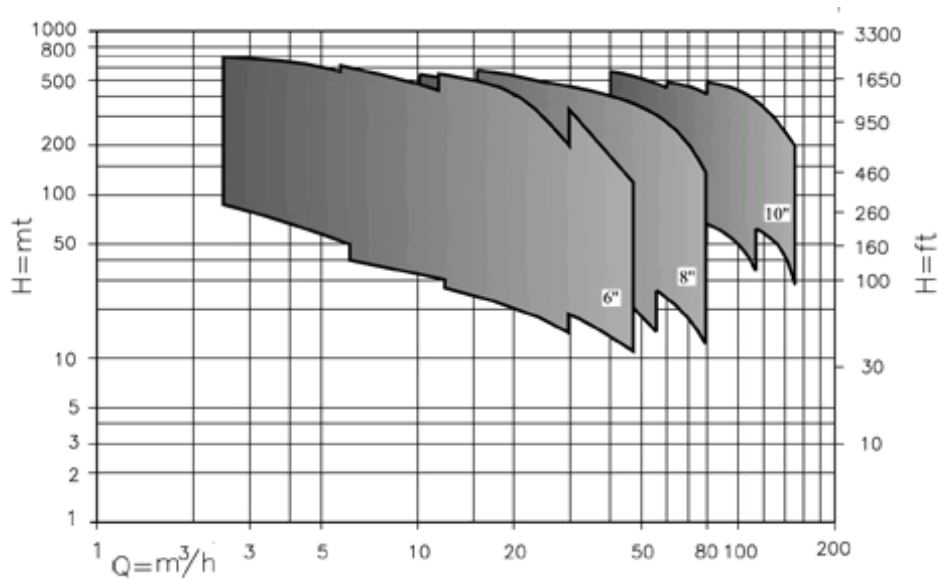
	$Q_K$ ( $m^3/h$ )	$H_K$ (m ανα βαθμίδα)	$n$ (rpm)	$n_q$	$n_{max}$	ελάχιστος αριθμός βαθμίδων	μέγιστος αριθμός βαθμίδων
<b>PM28</b>	3	4	2900	1776	52%	6	60
<b>PM55</b>	5,5	4	2900	2405	55%	5	48
<b>PM85</b>	8,5	4,5	2900	2737	64%	4	38
<b>PM140</b>	13	3,2	2900	4370	55%	7	35

Από τον πίνακα αυτό, παρατηρούμε ότι για αυξανόμενες τιμές της κανονικής παροχής ( $Q_K$ ), αυξάνεται ο ειδικός αριθμός στροφών ( $n_q$ ), το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση της μορφής της πτερωτής σε ολόενα και λιγότερο ακτινικής ροής.

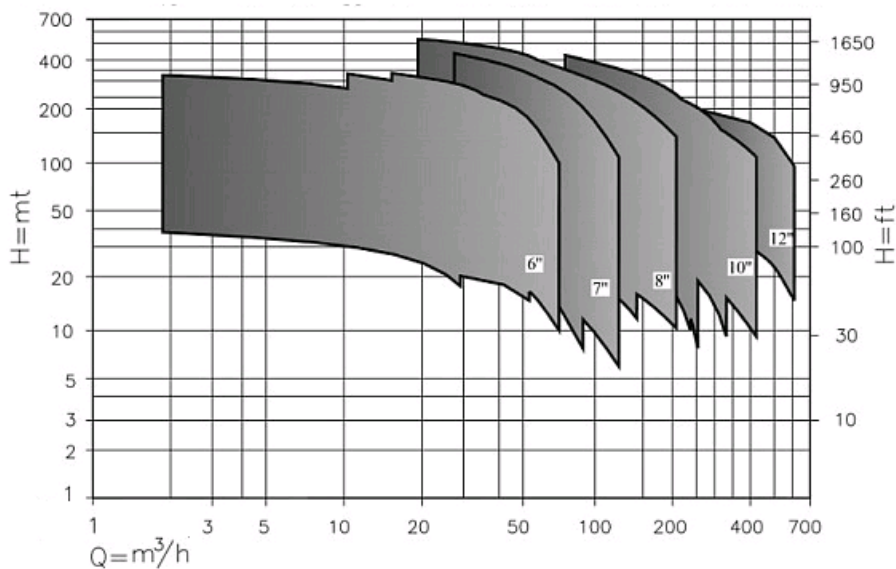
Ο βαθμός απόδοσης, αυξάνεται για αυξανόμενες τιμές της παροχής έως τη κανονική παροχή  $Q_K = 8,5 m^3/h$ , η οποία αντιστοιχεί στην αντλία PM85, και έπειτα ακολουθεί μείωση του.

Όσον αφορά τον αριθμό των βαθμίδων, στον πίνακα παρατίθεται ο ελάχιστος και ο μέγιστος αριθμός τους για κάθε τύπο αντλίας, ώστε να καλυφθεί η περιοχή λειτουργίας της κάθε αντλίας του Διαγράμματος 8.17. Παρατηρούμε ότι, για αυξανόμενες τιμές της κανονικής παροχής, μειώνεται ο μέγιστος αριθμός τοποθετούμενων βαθμίδων.

Τα παρακάτω διαγράμματα (Διαγρ.8.18, Διαγρ.8.19) παρουσιάζουν το εύρος λειτουργίας των αντλιών ακτινικής και μικτής ροής αντίστοιχα, για διαμέτρους μεγαλύτερες των 4 ιντσών.



Διαγρ.8.18 Εύρος λειτουργίας των υποβρύχιων αντλιών ακτινικής ροής στις 2900rpm., για διάμετρο γεώτρησης μεγαλύτερη των 4 ιντσών(ANAVALOS).



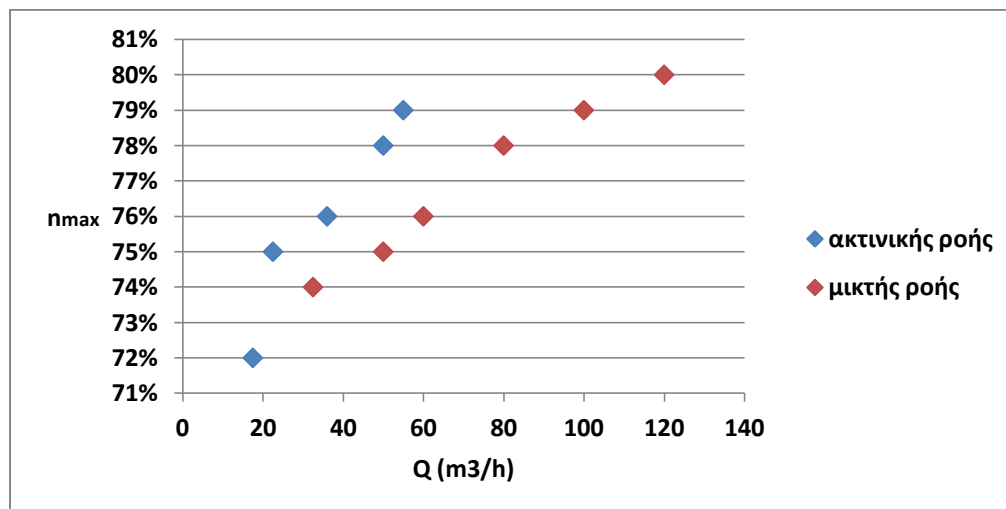
Διαγρ.8.19. Εύρος λειτουργίας των υποβρύχιων αντλιών μικτής ροής στις 2900rpm., για διάμετρο γεώτρησης μεγαλύτερη των 4 ιντσών (ANAVALOS).

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται, ότι οι αντλίες μικτής ροής καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος παροχών και κατασκευάζονται για μεγαλύτερες διαμέτρου γεωτρήσεις, ενώ οι ακτινικής ροής καλύπτουν μεγαλύτερα ολικά ύψη. Για συγκεκριμένη διάμετρο γεώτρησης, η κάθε περιοχή των διαγραμμάτων καλύπτεται από αντλίες ίδιας μέγιστης εξωτερικής διαμέτρου αλλά διαφορετικής κλίσης των πτερυγίων.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι, ο βαθμός απόδοσης των αντλιών για διαμέτρους μεγαλύτερες των 4 ιντσών είναι κατά πολύ αυξημένος σε σχέση με αυτούς του

Πιν.8.9 που αναφέρονται σε γεωτρήσεις 4 ιντσών, κάτι λογικό αφού αυξάνονται οι διαστάσεις της βαθμίδας.

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τους βαθμούς απόδοσης σε συνάρτηση με την κανονική παροχή, αντλιών ακτινικής και μικτής ροής για διάμετρο γεώτρησης 8 ιντσών.



Διαγρ.8.20 Βαθμός απόδοσης αντλιών ακτινικής και μικτής ροής για διάμετρο γεώτρησης 8'' σε συνάρτηση με την κανονική παροχή.

### 8.6.3 Υλικά κατασκευής

Τα υλικά κατασκευής των αντλιών αυτών, για χρήση καθαρού νερού και χαμηλές θερμοκρασίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πιν.8.10 Υλικά κατασκευής υποβρύχιων αντλιών γεωτρήσεων, για καθαρό νερό.

	Ακτινικής ροής	Μικτής ροής
<b>Βαθμίδες</b>	Χυτοσίδηρος G25 ή Θερμοπλαστική ρητίνη	Χυτοσίδηρος G25
<b>Πτερωτή</b>	Ορείχαλκος ή Θερμοπλαστική ρητίνη	Χυτοσίδηρος G25 ή Ορείχαλκος
<b>Άξονας</b>	Ανοξειδωτος χάλυβας AISI 304	Ανοξειδωτος χάλυβας AISI 304

Από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρούμε ότι η κύρια διαφοροποίηση από τις υπόλοιπες κατηγορίες αντλιών είναι η χρήση θερμοπλαστικής ρητίνης στις βαθμίδες και τη πτερωτή των αντλιών ακτινικής ροής. Η θερμοπλαστική ρητίνη χαρακτηρίζεται από μικρό βάρος σε σχέση με τα υλικά και χρησιμοποιείται όταν ο αριθμός των τοποθετούμενων πτερωτών είναι μεγάλος, ώστε να μην υπάρχει καταπόνηση του άξονα. Επίσης, ως υλικό προσφέρει υψηλούς βαθμούς απόδοσης.

Σε περιπτώσεις όπου, το αντλούμενο νερό παρουσιάζει μηχανική ή χημική σκληρότητα, ή είναι θαλασσινό νερό τότε η κατασκευή των αντλιών πραγματοποιείται εξολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα.

#### **8.6.4 Χρήσεις**

Οι υποβρύχιες αντλίες γεωτρήσεων, σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώσαμε από τις κατασκευαστικές εταιρίες, καλύπτουν περίπου το **15% της συνολικής παραγωγής** αντλιών ελληνικής κατασκευής, όπως φαίνεται από το σχήμα 8.3.

Οι χρήσεις των αντλιών αυτών είναι οι εξής:

- Άντληση πόσιμου νερού από γεωτρήσεις.
- Άρδευση αγροτεμαχίων.
- Εφαρμογές πυρόσβεσης.
- Πιεστικά συστήματα.
- Ναυτιλιακές εφαρμογές.

## 8.7 Υποβρύχιες αντλίες λυμάτων

### 8.7.1 Περιγραφή

Οι υποβρύχιες αντλίες λυμάτων είναι μονοβάθμιες αντλίες, στις οποίες και ο κινητήρας και η αντλία βρίσκονται εντός του αντλούμενου υγρού. Η χρήση των αντλιών αυτών προορίζεται για ακάθαρτα υγρά, τα οποία περιέχουν αιωρούμενα σωματίδια μικρών ή μεγάλων διαστάσεων ή υλικά με μακριές ίνες.

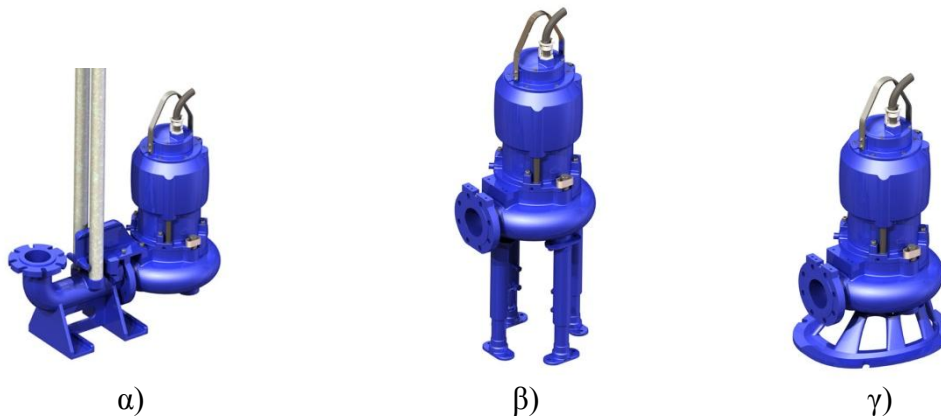
Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.16) απεικονίζει μία αντλία του τύπου αυτού.



Σχ.8.16 Υποβρύχια αντλία λυμάτων (ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ)

Οι αντλίες αυτές συνδέονται απευθείας με τον ηλεκτροκινητήρα, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Η τοποθέτησή τους πραγματοποιείται κατακόρυφα και μπορεί να έχουν σταθερή ή μη σταθερή έδραση (φορητές).

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.17) απεικονίζει τις περιπτώσεις έδρασης μίας υποβρύχιας αντλίας λυμάτων.



Σχ.8.17 Τρόποι έδρασης υποβρύχιας αντλίας λυμάτων α) σταθερή με συζευκτική βάση β) σταθερή με τετράποδη βάση γ) μη σταθερή (ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ).

Η πτερωτή των αντλιών αυτών μπορεί να είναι μονοκάναλη (ένα πτερύγιο), πολυκάναλη (πολλαπλά πτερύγια), Vortex ή με μασητήρα. Η μονοκάναλη και δικάναλη πτερωτή χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικρών διαστάσεων. Σε περίπτωση όπου υπάρχουν σωματίδια μεγαλύτερων



διαστάσεων ή μακρόινα υλικά χρησιμοποιείται ή περωτή με μασητήρα ή περωτή τύπου Vortex.

Στην περίπτωση περωτής με μασητήρα, στο στόμιο αναρρόφησης του υγρού υπάρχει προσαρμοσμένος λοβοειδής ρότορας (μασητήρας). Ο μασητήρας τεμαχίζει τα σωματίδια ή μακρόινες που εμπεριέχει το υγρό σε πολύ μικρά σωματίδια (1mm) με αποτέλεσμα να μην εισέρχονται στη περωτή σωματίδια μεγάλων διαστάσεων. Οπότε υπάρχει δυνατότητα ο σωλήνας κατάθλιψης να έχει μικρή διάμετρο.

Ο τύπος περωτής Vortex κυριαρχεί καθώς το αντλούμενο υγρό δεν έρχεται σε επαφή με τη περωτή και το αντλούμενο υγρό αναρροφάται μέσω δίνης που δημιουργεί η περιστροφή της περωτής. Οπότε τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν άπειρες προσπάθειες εκφυγής.

Ένας ακόμα λόγος της επί το πλείστον χρησιμοποίησης των δύο τελευταίων τύπων περωτών, είναι ότι πολλές φορές ο χρήστης δε καθορίζει πλήρως τις λειτουργικές απαιτήσεις του (θα γίνει αναφορά στο κεφάλαιο 11) και οι κατασκευαστές προτιμούν τις περωτές αυτές για ασφάλεια, ώστε να μην φράζει η αντλία.

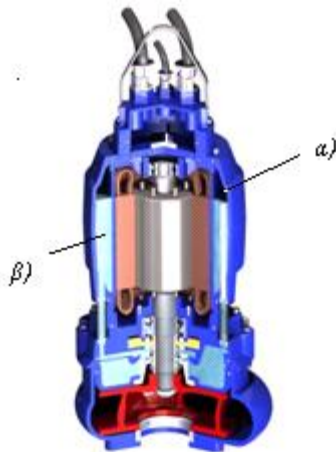
Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.18) απεικονίζει τη ροή των σωματιδίων με χρήση περωτής Vortex και μία περωτή με μασητήρα, στην οποία φαίνεται επίσης η μικρή διάμετρος του σωλήνα κατάθλιψης.



Σχ.8.18 Χαρακτηριστικά υποβρύχιων αντλιών λυμάτων α) ροή σωματιδίων με χρήση περωτής Vortex (ANAVALOS) β) αντλία με μασητήρα (ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ)

Η ψύξη του κινητήρα στις αντλίες αυτές γίνεται με εσωτερικό σύστημα ψύξης, όπου το ψυκτικό υγρό κυκλοφορεί μέσα στο μανδύα ψύξης με κίνηση η οποία δίνεται από μία περωτή η οποία είναι προσαρμοσμένη στο τμήμα μεταξύ της περωτής και του ρότορα.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.19) απεικονίζει το εσωτερικό τμήμα και τη ροή του αντλούμενου ψυκτικού στο μανδύα μίας υποβρύχιας αντλίας λυμάτων.



Σχ.8.19. Εσωτερική τομή υποβρύχιας αντλίας λυμάτων α)μανδύας ψύξης β)ψυκτικό υγρό (ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ)

### 8.7.2 Εύρος λειτουργίας

Το εύρος λειτουργίας ανάλογα με τη μορφή των πτερωτών των υποβρύχιων αντλιών λυμάτων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

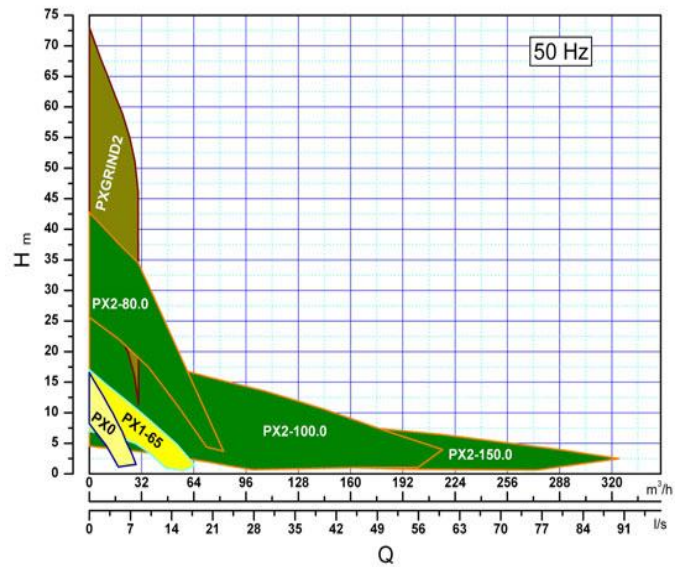
Πιν.8.11 Εύρος λειτουργίας υποβρύχιων αντλιών λυμάτων.

Τύπος πτερωτής	Μανομετρικό ύψος(H σε m) έως	Παροχή (Q σε m <sup>3</sup> /h) έως	Θερμοκρασία λειτουργίας (°C)έως
<b>Μονοκάναλη, Πολυκάναλη, Vortex</b>	70	900	140
<b>Με μασητήρα</b>	70	30	140

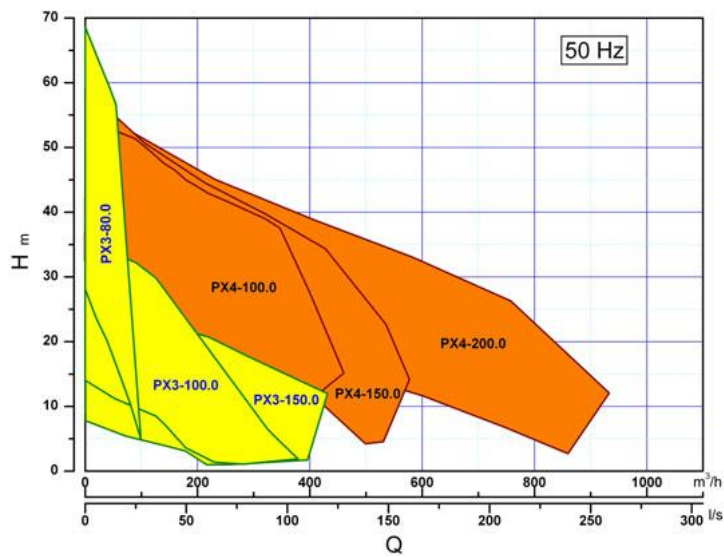
Τα παρακάτω διαγράμματα, παρουσιάζουν αναλυτικά το εύρος λειτουργίας των υποβρύχιων αντλιών λυμάτων, ανάλογα με το τύπο της πτερωτής.

Τα διαγράμματα (Διαγρ.8.20, Διαγρ.8.21) απεικονίζουν το εύρος λειτουργίας των αντλιών αυτών με πτερωτή μονοκάναλη, πολυκάναλη ή τύπου Vortex. Στα διαγράμματα αυτά, η κάθε περιοχή λειτουργίας αντιπροσωπεύει μία αντλία, η οποία με κατάλληλο τρόχισμα της πτερωτής μπορεί να καλύψει την περιοχή αυτή. Η κάθε αντλία χαρακτηρίζεται από δύο κωδικούς αριθμούς. Ο δεύτερος αριθμός υποδηλώνει την διάμετρο (σε mm) του στομίου κατάθλιψης, αύξηση της οποίας συνεπάγεται αύξηση της παροχής. Ο πρώτος αριθμός υποδηλώνει την ονομαστική ισχύ του κινητήρα της αντλίας. Για αντλία συγκεκριμένης διατομής στομίου κατάθλιψης, για αυξανόμενες τιμές του πρώτου αριθμού αυξάνεται η ονομαστική ισχύς του κινητήρα και κατά συνέπεια το μανομετρικό ύψος και η παροχή.

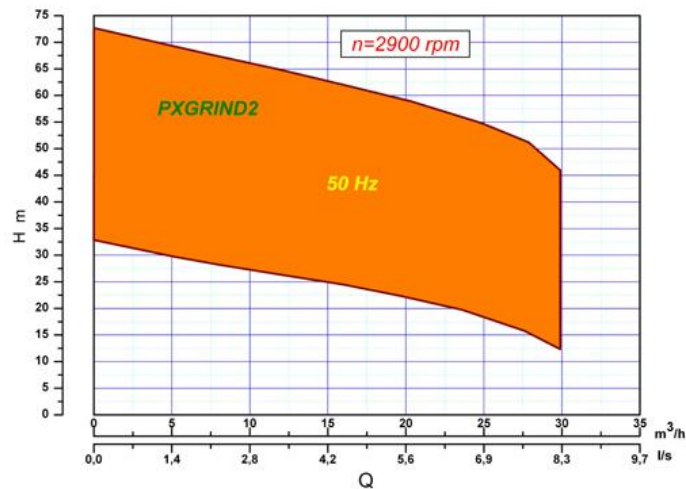
Το διάγραμμα 8.23 , απεικονίζει το εύρος λειτουργίας των υποβρύχιων αντλιών λυμάτων με χρήση μασητήρα, στις 2900rpm. Στο διάγραμμα αυτό η περιοχή λειτουργίας καλύπτεται με τρόχισμα της πτερωτής.



Διαγρ.8.21 Εύρος λειτουργίας υποβρύχιων αντλιών λυμάτων με περωτή μονοκάναλη, πολυκάναλη ή τύπου VORTEX (ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ).



Διαγρ.8.22 Εύρος λειτουργίας υποβρύχιων αντλιών λυμάτων με περωτή μονοκάναλη, πολυκάναλη ή τύπου VORTEX (ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ).



Διαγρ.8.23 Εύρος λειτουργίας υποβρύχιων αντλιών λυμάτων με χρήση μασητήρα (ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ).

### 8.7.3 Υλικά κατασκευής

Τα υλικά κατασκευής των βασικών μερών αντλιών αυτών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πιν.8.12).

Πιν.8.12 Υλικά κατασκευής υποβρύχιων αντλιών λυμάτων.

	Υλικά κατασκευής
<b>Σώμα</b>	Χυτοσίδηρος G25
<b>Πτερωτή</b>	Ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316 ή duplex
<b>Άξονας</b>	Ανοξείδωτος χάλυβας AISI 420

Από τον πίνακα παρατηρούμε την χρήση ανοξείδωτου χάλυβα στη πτερωτή κάτι το οποίο οφείλεται στη πρόληψη της μηχανικής διάβρωσης που μπορεί να προκαλέσει το αντλούμενο υγρό. Σημειώνεται ότι, από ανοξείδωτο χάλυβα κατασκευάζονται και ο μασητήρας σε περίπτωση εφαρμογής του, καθώς και το στεγανοποιητικό μέρος της αντλίας.

### 8.7.4 Χρήσεις

Οι υποβρύχιες αντλίες λυμάτων, σύμφωνα με τα στοιχεία των κατασκευαστικών εταιριών που συγκεντρώσαμε, καλύπτουν περίπου το **14% της συνολικής παραγωγής αντλιών** ελληνικής κατασκευής, όπως φαίνεται από το Σχ.8.3.

Η χρήση των αντλιών αυτών αναφέρεται όπως υποδηλώνει το όνομα τους σε άντληση λυμάτων, καθώς επίσης και σε αποστραγγιστικά έργα.

## 8.8 Στροβιλοφόρες αντλίες

### 8.8.1 Περιγραφή

Στις στροβιλοφόρες αντλίες, γνωστές και ως πομόνες, ο κινητήρας βρίσκεται εκτός του αντλούμενου υγρού, ενώ η αντλία εντός του αντλούμενου υγρού. Μία στροβιλοφόρος αντλία μπορεί να αποτελείται από μία βαθμίδα ή από περισσότερες βαθμίδες συνδεδεμένες σε σειρά για αύξηση του μανομετρικού ύψους. Οι αντλίες αυτές είναι ακτινικής ή μκτής ροής και οι πτερωτές τους είναι είτε κλειστού τύπου (για μεγάλα μανομετρικά ύψη) είτε ανοιχτού τύπου (για μεγάλες παροχές) ανάλογα με τη εφαρμογή.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.8.20), φαίνεται μία στροβιλοφόρος αντλία (α) και η τομή της (β).



α)



β)

Σχ.8.20 α) στροβιλοφόρος αντλία (πομόνα) (ΔΡΑΚΟΣ-ΠΙΟΛΕΜΗΣ) β) τομή πομόνας (ANAVALOS).

Οι αντλίες αυτές τοποθετούνται κατακόρυφα. Η μετάδοση κίνησης πραγματοποιείται είτε με κατακόρυφο ηλεκτροκινητήρα, είτε με οριζόντιο ηλεκτροκινητήρα μέσω τροχαλίας, είτε με οριζόντιο ηλεκτροκινητήρα ή πετρελαιοκινητήρα με γωνιακή μετάδοση μέσω πολύσπαστου άξονα (Σχ.8.21)



α)



β)

Σχ.8.21 Μετάδοση κίνησης α) μέσω τροχαλίας β) με κατακόρυφο ηλεκτροκινητήρα. (ANAVALOS)

## 8.8.2 Εύρος λειτουργίας

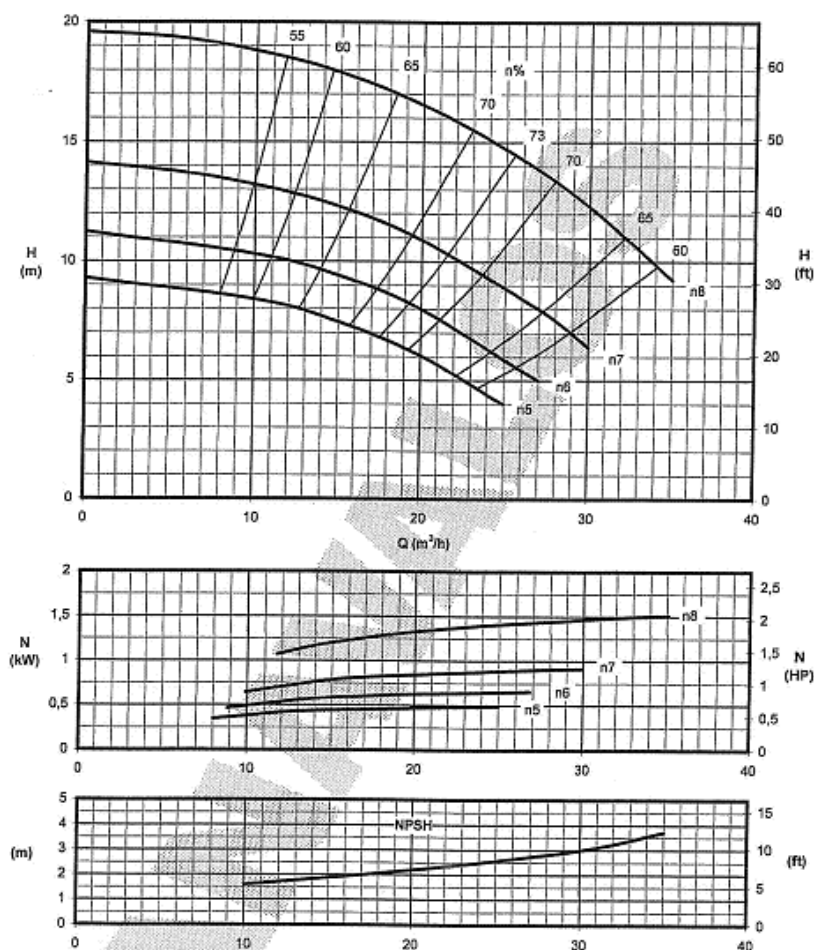
Η διαστασιολόγηση τους γίνεται σύμφωνα με το αγγλοσαξονικό σύστημα σε ίντσες και κατασκευάζονται για γεωτρήσεις διαμέτρου 6-12 ιντσών. Το εύρος λειτουργίας των στροβιλοφόρων αντλιών για άντληση καθαρού νερού παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πιν.8.13 Εύρος λειτουργίας στροβιλοφόρων αντλιών

Παροχή (Q) έως (m <sup>3</sup> /h)	Μανομετρικό ύψος (H) έως (m)	Θερμοκρασία λειτουργίας (καθαρού νερού) έως °C	Μέγιστη πίεση λειτουργίας έως (bar)
600	260	35	40

Ανάλογα με το επιθυμητό σημείο λειτουργίας, επιλέγεται η αντλία κατάλληλου τύπου και έπειτα εξετάζονται οι αναλυτικές καμπύλες λειτουργίας.

Το παρακάτω διάγραμμα (Διαγρ.8.24), απεικονίζει τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας μίας βαθμίδας στροβιλοφόρου αντλίας για διάμετρο γεώτρησης 6 ιντσών.



Διαγρ.8.24 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας βαθμίδας στροβιλοφόρου αντλίας, για διάμετρο γεώτρησης 6 ιντσών(ANAVALOS).

Στο διάγραμμα αυτό, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας, όπου η ταχύτητα  $n_8=3500\text{rpm}$ , η ταχύτητα  $n_7=2960\text{rpm}$ , η ταχύτητα  $n_6=2650\text{rpm}$ , η ταχύτητα  $n_5=1460\text{rpm}$ .

Παρατηρούμε ότι, ο μέγιστος βαθμός απόδοσης της αντλίας αυτής είναι  $n_{\max}=73\%$ . Το κανονικό σημείο λειτουργίας (σημείο μέγιστου βαθμού απόδοσης) στις  $n_8=3500\text{rpm}$  αντιστοιχεί σε  $Q_{K1}=25,5\text{m}^3/\text{h}$  και  $H_{K1}=14,5\text{m}$ , όπου απορροφάται ισχύς  $N=1,4\text{KW}$  και παρουσιάζει  $\text{NSPH}=2,6\text{m}$ .

Για μείωση του αριθμού των στροφών, μειώνονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη των αντίστοιχων κανονικών σημείων λειτουργίας.

Επίσης, παρατηρούμε την ευστάθεια των χαρακτηριστικών καμπυλών ( $H-Q$ ), καθώς η μέγιστη τιμή του ολικού ύψους παρουσιάζεται στην μηδενική παροχή. Η καμπύλη  $N-Q$  χαρακτηρίζεται ως καμπύλη υπερφόρτισης καθώς η απορροφούμενη ισχύς συνεχίζει να αυξάνεται για παροχές μεγαλύτερες της κανονικής.

### **8.8.3 Υλικά κατασκευής**

Η επιλογή των υλικών κατασκευής των αντλιών αυτών, δεν παρουσιάζει διαφοροποίηση από τους κανόνες που ακολουθούνται για τη μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας.

### **8.8.4 Χρήσεις**

Οι στροβιλοφόρες αντλίες, σύμφωνα με τα στοιχεία των κατασκευαστικών εταιριών που συγκεντρώσαμε, καλύπτουν περίπου το **12% της συνολικής παραγωγής αντλιών** ελληνικής κατασκευής, όπως φαίνεται από το Σχ.8.3.

Οι χρήσεις των αντλιών αυτών είναι όμοιες με αυτές των υποβρύχιων αντλιών γεωτρήσεων, και είναι οι εξής:

- Άντληση πόσιμου νερού από γεωτρήσεις.
- Άρδευση αγροτεμαχίων.
- Εφαρμογές πυρόσβεσης.
- Πιεστικά συστήματα.
- Ναυτιλιακές εφαρμογές.

## 8.9 Αντλίες αξονικής και μικτής ροής

### 8.9.1 Περιγραφή

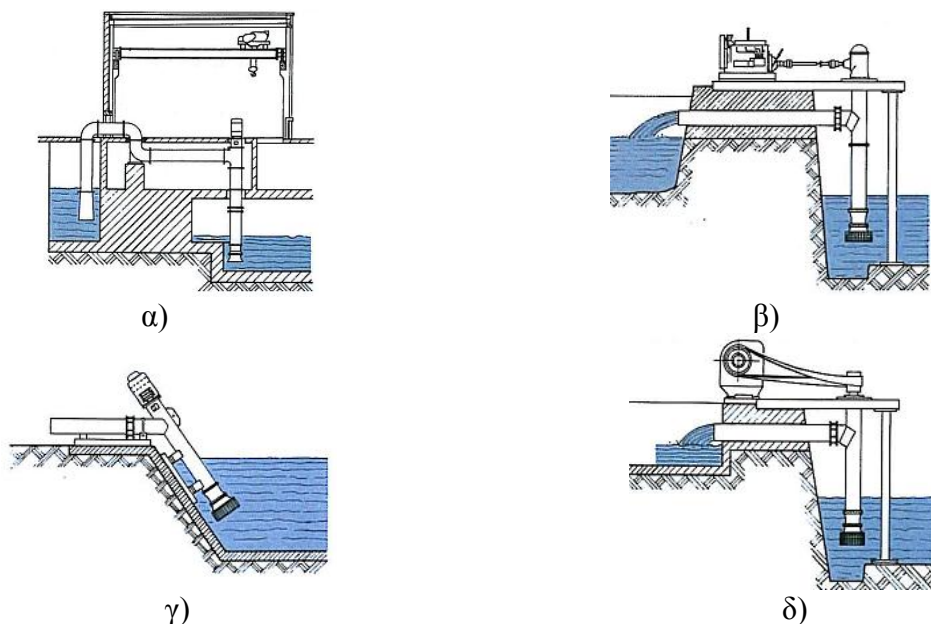
Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου χρειαζόμαστε πολύ μεγάλες παροχές, διότι τα μεγέθη παροχών για τα οποία κατασκευάζονται δε καλύπτεται από καμία άλλη κατηγορία αντλιών. Οι αντλίες αξονικής ροής είναι μονοβάθμιες, ενώ οι μικτής ροής μπορεί να είναι είτε μονοβάθμιες είτε πολυβάθμιες ανάλογα με το μανομετρικό ύψος που χρειαζόμαστε. Ο κινητήρας βρίσκεται εκτός του αντλούμενου υγρού, ενώ η αντλία εντός του αντλούμενου υγρού.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.22) απεικονίζει μία αντλία από κάθε κατηγορία.



Σχ.8.22 Αντλία α) μικτής ροής β) αξονικής ροής(ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).

Η τοποθέτηση των αντλιών αυτών μπορεί να είναι είτε κάθετη είτε σε κλίση. Η μετάδοση κίνησης μπορεί να γίνει είτε άμεσα από τον ηλεκτροκινητήρα, είτε μέσω πολύσπαστου άξονα, είτε μέσω ιμάντα, ανάλογα με την εφαρμογή. Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.23) παρουσιάζει τις πιθανές τοποθετήσεις του συστήματος αντλίας-κινητήρα.



Σχ.8.23 Εγκατάσταση αντλιών αξονικής και μικτής ροής: α) κάθετη με άμεση σύνδεση με κινητήρα, β) κάθετη με σύνδεση μέσω πολύσπαστου άξονα, γ) υπό κλίση με άμεση σύνδεση με κινητήρα, δ) κάθετη συνδεδεμένη με κινητήρα μέσω ιμάντα(ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).



## 8.9.2 Εύρος λειτουργίας

Οι αντλίες αξονικής και μικτής ροής καλύπτουν πολύ μεγάλες παροχές. Ο παρακάτω πίνακας (Πιν.8.14) παρουσιάζει το εύρος λειτουργίας των αντλιών αυτών.

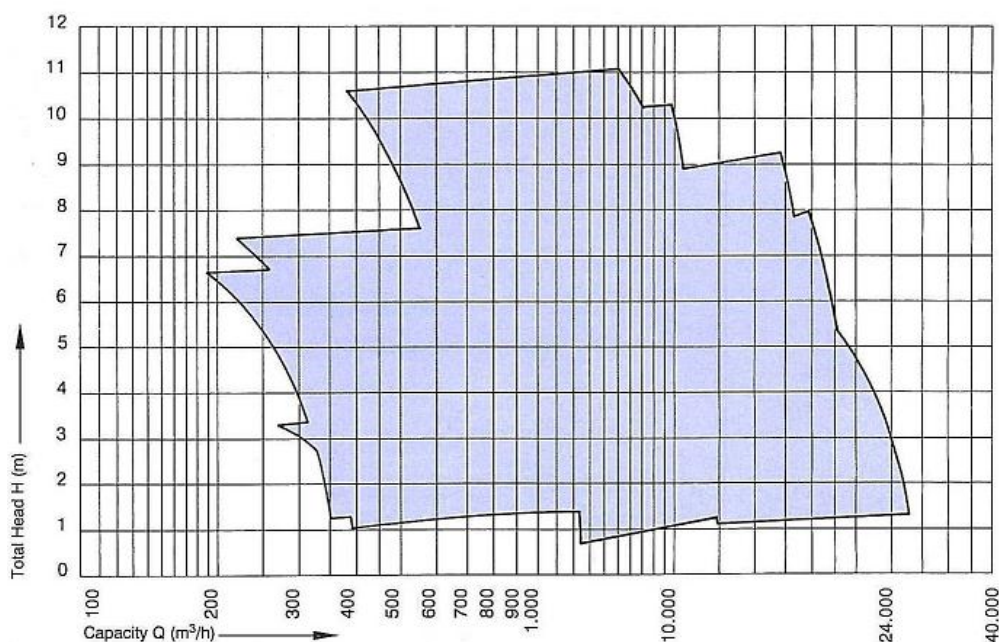
Πιν.8.14 Εύρος λειτουργίας αντλιών αξονικής και μικτής ροής.

	Αξονικής ροής	Μικτής ροής
Παροχή (Q) έως m <sup>3</sup> /h	25.000	23.000
Ολικό Μανομετρικό ύψος (H) έως m	11	200

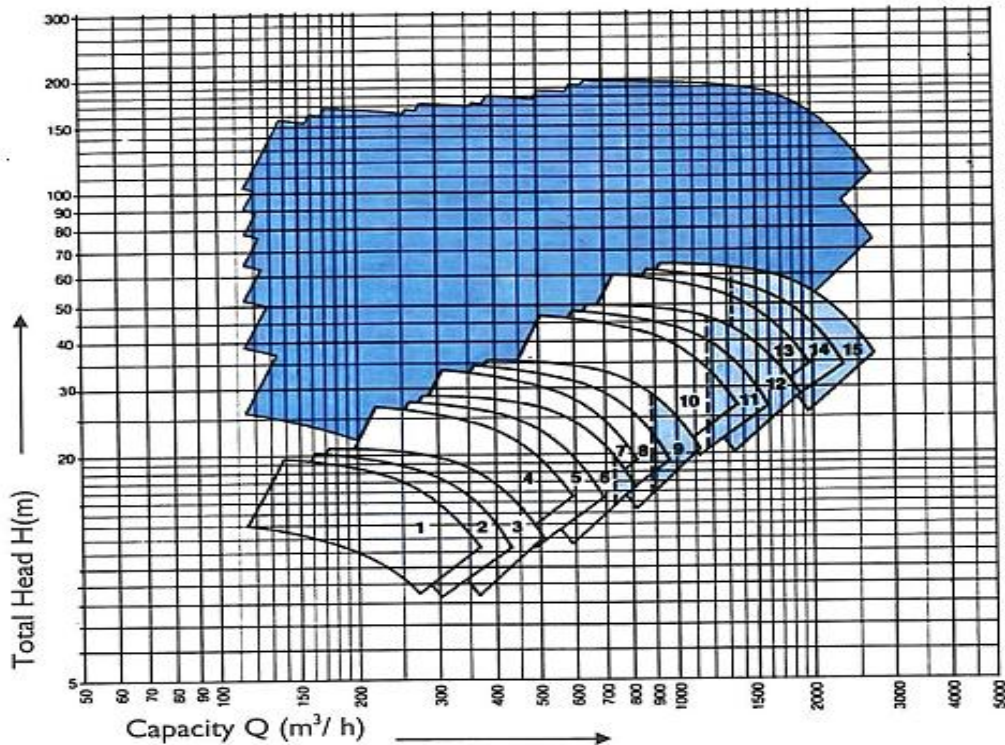
Το πλεονέκτημα των αντλιών μικτής ροής είναι ότι εξασφαλίζουν μεγαλύτερο μανομετρικό ύψος σε σχέση με τις αντλίες αξονικής ροής, κάτι το οποίο οφείλεται στο γεγονός ότι οι αντλίες μικτής ροής μπορούν να δεχθούν περισσότερες από μία βαθμίδες.

Οι αντλίες αξονικής ροής πλεονεκτούν λόγω της απλούστερης κατασκευής τους σε περιπτώσεις που χρειαζόμαστε πολύ μικρά μανομετρικά ύψη (έως 10m).

Τα παρακάτω διαγράμματα (Διαγ.8.25, Διαγ.8.26), απεικονίζουν το εύρος λειτουργίας των αντλιών αξονικής ροής για παροχές έως 25.000m<sup>3</sup>/h και το εύρος λειτουργίας των αντλιών μικτής ροής για παροχές έως 2500m<sup>3</sup>/h στις 1450 rpm.



Διαγ.8.25 Εύρος λειτουργίας αντλιών αξονικής ροής στις 1450rpm(ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).



Διαγρ.8.26 Εύρος λειτουργίας αντλιών μικτής ροής για παροχές έως 2500m<sup>3</sup>/h στις 1450rpm(ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).

Στο διάγραμμα, η κάθε περιοχή που φέρει έναν κωδικό αριθμό αναφέρεται σε μία βαθμίδα αντλίας, η οποία με κατάλληλο τρόχισμα της διαμέτρου της πτερωτής μπορεί να καλύψει τις τιμές της περιοχής αυτής. Η μπλε περιοχή προκύπτει από τη τοποθέτηση περισσότερων βαθμίδων σε μία αντλία, κάτι το οποίο συνεπάγεται αναλογική αύξηση του μανομετρικού ύψους.

Για αυξανόμενες τιμές της παροχής αυξάνονται οι διαστάσεις της αντλίας και κατά συνέπεια η μέγιστη διάμετρος της πτερωτής, οπότε αυξάνεται το μανομετρικό ύψος ανά βαθμίδα. Επίσης, παρατηρούμε ότι, για αυξανόμενες τιμές των διαστάσεων της αντλίας, μειώνεται ο μέγιστος αριθμός βαθμίδων που μπορούν να τοποθετηθούν.

### 8.9.3 Υλικά κατασκευής

Η επιλογή των υλικών κατασκευής των αντλιών αυτών δεν παρουσιάζει διαφοροποίηση από τους κανόνες που ακολουθούνται για τη μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας.

Η στεγανοποίηση του άξονα πραγματοποιείται με μηχανικό στυπιοθλίπτη υψηλής ποιότητας.

### 8.9.4 Χρήσεις

Οι αντλίες αξονικής και μικτής ροής, σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώσαμε από τις κατασκευαστικές εταιρίες, καλύπτουν περίπου **το 12% της συνολικής παραγωγής αντλιών** ελληνικής κατασκευής, όπως φαίνεται από το Σχήμα.8.3.

Οι αντλίες αυτές απευθύνονται σε **μεγάλα έργα υποδομής** όπως:

- Ύδρευση πόλεων.
- Έργα αποστράγγισης.
- Μεγάλα αδρευτικά συστήματα.
- Έλεγχος στάθμης ταμιευτήρων
- Άντληση νερών από υπερχειλίσσεις.

Αξίζει να τονίσουμε, ορισμένα μεγάλα έργα που χρησιμοποιήθηκαν οι αντλίες αυτού του τύπου, όπως η ύδρευση της Θεσσαλονίκης όπου τα απαιτούμενα λειτουργικά στοιχεία ήταν  $Q=15000\text{m}^3/\text{h}$  και  $H=45\text{m}$ . Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν για πλήρωση τεχνητής λίμνης, όπου τα απαιτούμενα λειτουργικά στοιχεία ήταν  $Q=12000\text{m}^3/\text{h}$  και  $H=8\text{m}$ .

## 8.10 Αντλίες στελέχους

### 8.10.1 Περιγραφή

Οι αντλίες αυτές είναι μονοβάθμιες, ο κινητήρας βρίσκεται εκτός του αντλούμενου υγρού ενώ η αντλία βρίσκεται εντός του αντλούμενου υγρού. Η κύρια διαφοροποίηση τους από τις στροβιλοφόρες αντλίες, εκτός από το γεγονός ότι είναι μονοβάθμιες, είναι ότι στις αντλίες αυτές το υγρό καταθλίβεται σε διαφορετικό σωλήνα από τον σωλήνα αναρρόφησης.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.8.24) απεικονίζει μία αντλία της κατηγορίας αυτής.



Σχ.8.24 Αντλία στελέχους α) αναρρόφηση β) κατάθλιψη(ΔΡΑΚΟΣ-ΠΟΛΕΜΗΣ).

Η τοποθέτηση των αντλιών αυτών πραγματοποιείται κατακόρυφα. Οι πτερωτές τους είναι ακτινικής ή μικτής ροής ανάλογα με τη παροχή.

### 8.10.2 Εύρος λειτουργίας

Ο παρακάτω πίνακας (Πιν.8.15), παρουσιάζει τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των αντλιών στελέχους για άντληση καθαρού νερού.

Πιν.8.15 Υδραυλικά χαρακτηριστικά αντλιών στελέχους.

Παροχή (Q) έως (m <sup>3</sup> /h)	Μανομετρικό ύψος (H) έως (m)	Θερμοκρασία λειτουργίας (καθαρού νερού) έως (°C)	Μέγιστη πίεση λειτουργίας έως (bar)
550	100	140	16

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το εύρος λειτουργίας των αντλιών στελέχους είναι ίδιο με το εύρος λειτουργίας των μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας κατά DIN24255.

### 8.10.3 Υλικά κατασκευής

Η επιλογή των υλικών κατασκευής και του τρόπου στεγανοποίησης (σαλαμάστρα, μηχανικός στυπιοθλίπτης), δεν παρουσιάζει διαφοροποίηση από τους κανόνες που ακολουθούνται για τις μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας κατά DIN 24255.

### 8.10.4 Χρήσεις και ποσοστά χρήσεων

Οι αντλίες στελέχους, σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώσαμε από τις κατασκευαστικές εταιρίες, καλύπτουν μόνο **το 1% της συνολικής παραγωγής αντλιών** ελληνικής κατασκευής, όπως φαίνεται από το Σχήμα 8.3.

Ο λόγος της μικρής παραγωγής τους είναι ότι οι χρήσεις για τις οποίες προορίζονται καλύπτονται από άλλες αντλίες, συνήθως μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας, οι οποίες προτιμώνται από τους κατασκευαστές λόγω της απλούστερης κατασκευής τους.

Επίσης, ένας δεύτερος λόγος για τη μικρή παραγωγή των αντλιών στελέχους είναι ότι, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους (H, Q) δε παρουσιάζουν κάποιο πλεονέκτημα έναντι των μονοβάθμιων αντλιών επιφανείας.

Η χρήση των αντλιών αυτών, πραγματοποιείται όταν λόγω της διάταξης της εγκατάστασης δεν είναι εφικτό να τοποθετηθεί αντλία άλλης κατηγορίας. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου ο χρήστης αντλίας στελέχους ζητήσει αντικατάσταση αντλίας και δεν επιθυμεί αντλία άλλης κατηγορίας, λόγω της μακροχρόνιας ικανοποίησης του από την αντλία της κατηγορίας αυτής.

Παρακάτω, αναφέρονται οι χρήσεις που μπορούν να καλυφθούν από τις αντλίες στελέχους:

- Ύδρευση.
- Βιομηχανικές εφαρμογές.
- Άρδευση.
- Συστήματα ψύξης-θέρμανσης.
- Συστήματα κλιματισμού.
- Συστήματα κυκλοφορίας νερού.
- Ναυτιλιακές εφαρμογές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ

### 9.1 Δυνατότητες κατασκευαστικών εταιριών

Από τη έρευνα μας σε ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες αντλιών καταλήξαμε σε ορισμένα συμπεράσματα όσο αφορά τη δραστηριοποίηση τους.

Όσο αφορά το μέγεθος των ελληνικών κατασκευαστικών εταιριών, υπάρχουν εταιρίες μεγάλης παραγωγικότητας και μεγάλου εύρους κατηγοριών αντλιών, εταιρίες μεγάλης παραγωγικότητας και μικρού εύρους κατηγοριών αντλιών και εταιρίες μικρής παραγωγικότητας και μικρού εύρους κατηγοριών αντλιών.

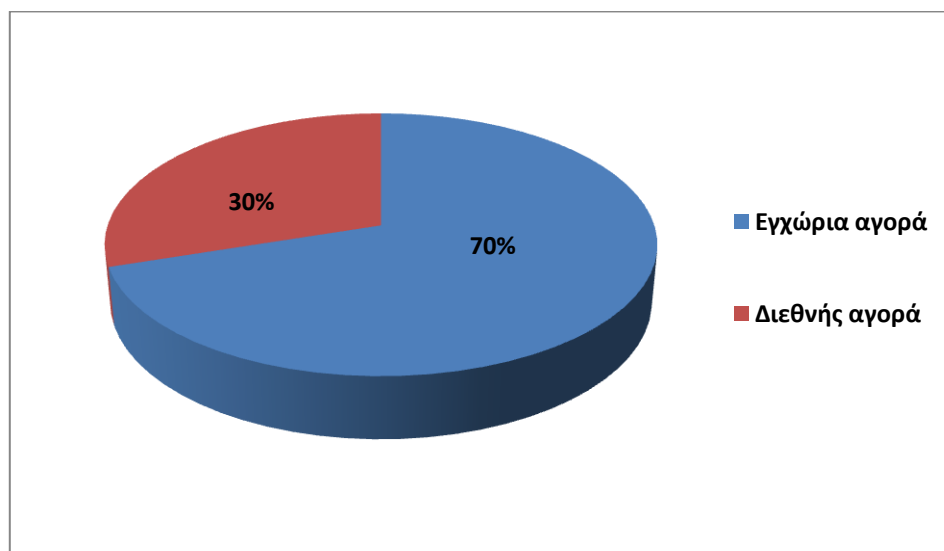
Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν το εύρος κατηγοριών καθώς και τη παραγωγικότητα των αντλιών που κατασκευάζονται από μία εταιρία είναι οι εξής:

- **Τεχνογνωσία**, η οποία αποτελεί κύριο παράγοντα για την κατασκευή μίας αντλίας. Καθώς, η εταιρία θα πρέπει να διαθέτει τη γνώση για τη πλήρη υποστήριξη της αντλίας που κατασκευάζεται, η οποία περιλαμβάνει τη γνώση κατασκευής, λειτουργικής συμπεριφοράς και επιδιόρθωσης. Έπειτα, η τεχνογνωσία είναι ένας παράγοντας ο οποίος δεν εξασφαλίζεται αμέσως, αλλά αποκτάται και μεταφέρεται με τη πάροδο του χρόνου στο προσωπικό της εταιρίας.
- **Πελατολόγιο**. Μία κατασκευαστική εταιρία με τη πάροδο του χρόνου έχει αποκτήσει φήμη στην αγορά και συγκεκριμένο πελατολόγιο, ανάλογα με τις κατηγορίες αντλιών που παράγει.
- **Οικονομική δυνατότητα επένδυσης**. Η επέκταση της δραστηριοποίησης μίας εταιρίας σε άλλες κατηγορίες αντλιών καθώς και η αύξηση της παραγωγικότητας των αντλιών που ήδη παράγονται, προϋποθέτουν την επένδυση κεφαλαίων. Οπότε, η εταιρία ανάλογα με τις δυνατότητες της για επένδυση κεφαλαίων, καθορίζει το εύρος κατηγοριών αντλιών που παράγει καθώς και τη δυναμικότητα της παραγωγής της.
- **Κίνδυνος επένδυσης**. Μία εταιρία για την επέκταση της δραστηριοποίησης της και σε άλλες κατηγορίες αντλιών δεν αρκεί να υπολογίσει μόνο τους παραπάνω παράγοντες. Καθώς, υπάρχει περίπτωση μία εταιρία να διαθέτει όλους τους προηγούμενους παράγοντες (τεχνογνωσία, πελατολόγιο, οικονομική δυνατότητα επένδυσης) για την κατασκευή μίας νέας κατηγορίας αντλίας, αλλά λόγω μεγάλου κόστους παραγωγής, μικρών περιθωρίων κέρδους, χαμηλής ζήτησης της, να μην είναι συμφέρουσα η παραγωγή της. Αυτό το φαινόμενο είναι σύνηθες, αν λάβουμε υπόψη, ότι μία ελληνική κατασκευαστική εταιρία πρέπει να ανταγωνιστεί εταιρίες του εξωτερικού οι οποίες έχουν πολύ χαμηλότερο κόστος παραγωγής.

Οι ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες καλύπτουν όλες τις κατηγορίες φυγοκεντρικών αντλιών οι οποίες μπορούν να ζητηθούν σε μία εφαρμογή. Η κάλυψη των απαιτούμενων εφαρμογών από τις κατασκευαστικές εταιρίες δεν αναφέρεται μόνο στην κατασκευή της απαιτούμενης αντλίας αλλά και στη πλήρη υποστήριξη της (επιλογή, εγκατάσταση, συντήρηση, επισκευή). Εν ολίγοις, όλες οι κατασκευαστικές εταιρίες φαίνεται ότι διαθέτουν πλήρη τεχνογνωσία των αντλιών που παράγουν, η οποία είναι ανεξάρτητη της παραγωγικότητας και του εύρους των κατηγοριών αντλιών.

Ορισμένες ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες αντλιών δεν απευθύνονται μόνο σε μεμονωμένους χρήστες αλλά αναλαμβάνουν μεγάλα έργα υποδομής (δημόσια έργα). Αξίζει να σημειώσουμε ότι τα περισσότερα μεγάλα έργα υποδομής καλύπτονται από ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες.

Επίσης, οι μεγάλες κατασκευαστικές εταιρίες δεν απευθύνονται μόνο στην εγχώρια αλλά και στη διεθνή αγορά, κάτι το οποίο επιζητούν καθώς υπάρχουν καλύτεροι όροι αγοράς. Το παρακάτω σχήμα (Σχ.9.1) αναφέρει τα ποσοστά παραγωγής αντλιών των ελληνικών κατασκευαστικών εταιριών, τα οποία απευθύνονται σε χρήστες της εγχώριας και της διεθνούς αγοράς σύμφωνα με στοιχεία που συγκεντρώσαμε από τις εταιρίες αυτές.

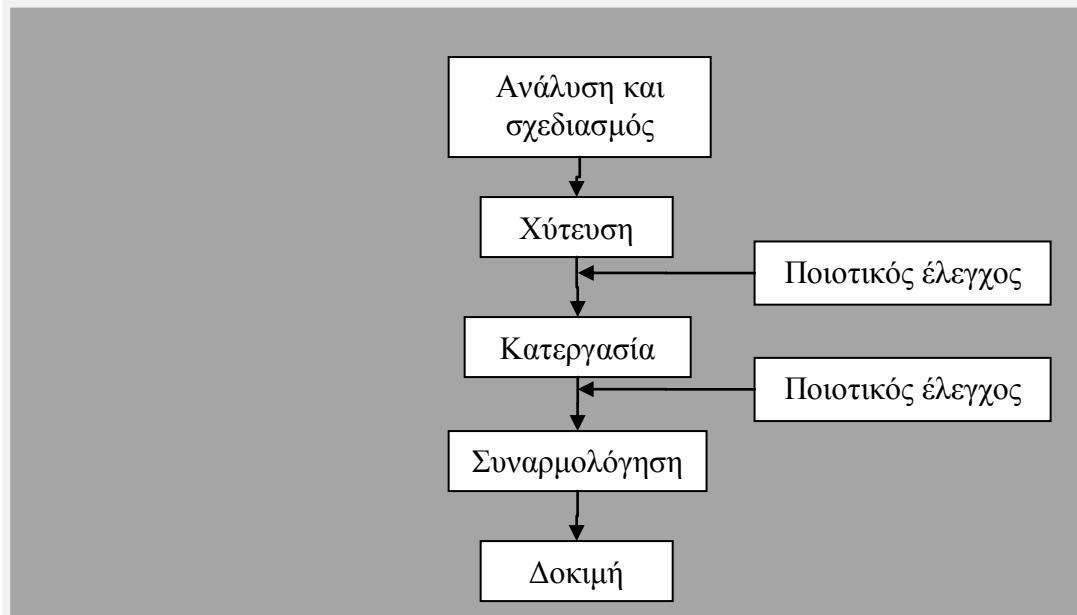


Σχ.9.1 Ποσοστά παραγωγής αντλιών επί τον συνολικό αριθμό παραγόμενων αντλιών που απευθύνονται σε εγχώρια και διεθνή αγορά.

## 9.2 Στάδια παραγωγικής διαδικασίας

Στο σημείο αυτό, θα αναλύσουμε τα βασικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας μίας αντλίας καθώς και τη σειρά με την οποία πραγματοποιούνται.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.9.2), παρουσιάζονται τα στάδια αυτά καθώς και η ροή πραγματοποίησής τους.



Σχ.9.2 Στάδια παραγωγής αντλιών

### Ανάλυση και σχεδιασμός

Το πρώτο στάδιο προηγείται της παραγωγικής διαδικασίας και αναφέρεται στην **ανάλυση και σχεδιασμό** της αντλίας. Το τμήμα ανάλυσης και σχεδιασμού (τεχνικό τμήμα) είναι από τα βασικότερα μίας κατασκευαστικής εταιρίας και οι αρμοδιότητες του είναι οι εξής:

- Πλήρης κατασκευαστική και λειτουργική γνώση των αντλιών που παράγονται από την εταιρία.
- Επιλογή τύπου, λειτουργικών χαρακτηριστικών και υλικών κατασκευής της αντλίας, ανάλογα με την εφαρμογή (λειτουργικές απαιτήσεις, ποιότητα υγρού, θερμοκρασία υγρού).
- Εκπόνηση μελέτης σε περίπτωση που η εταιρία θέλει να δραστηριοποιηθεί σε παραγωγή νέας (για την εταιρία) κατηγορίας αντλιών.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να σημειωθεί ότι μία παραγγελία αντλίας μπορεί να χαρακτηριστεί ως τυποποιημένη ή μη τυποποιημένη. Τυποποιημένη χαρακτηρίζεται όταν η αντλία που απαιτείται καλύπτεται από το εύρος παροχών και ολικών υψών που δίνουν οι οικογένειες καμπυλών των αντλιών που παράγονται από την εταιρία. Σε αντίθετη περίπτωση η παραγγελία αντλίας χαρακτηρίζεται μη τυποποιημένη. Αν και θεωρείται συνέπεια των παραπάνω, σημειώνεται ότι η περίπτωση μείωσης της διαμέτρου ανήκει στην κατηγορία τυποποιημένης παραγγελίας. Το τεχνικό τμήμα λοιπόν, αναλαμβάνει την επιλογή της κατάλληλης αντλίας και στις δύο περιπτώσεις.

## **Χύτευση**

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τη χύτευση των βασικών εξαρτημάτων της αντλίας (στη συνέχεια του κεφαλαίου τα εξαρτήματα αυτά θα ονομάζονται ημιέτοιμα προϊόντα). Τα ημιέτοιμα προϊόντα που υφίστανται χύτευση είναι η περωτή, το περίβλημα και ο άξονας και τα υλικά χύτευσης είναι χυτοσίδηρος, ορείχαλκος, ανοξείδωτος χάλυβας, ανοξείδωτος χάλυβας duplex ή super duplex, ανάλογα με την εφαρμογή.

Μία κατασκευαστική εταιρία είτε διαθέτει δικό της χυτήριο (εσωτερικό χυτήριο) είτε συνεργάζεται με εξωτερικό χυτήριο. Διευκρινίζεται ότι εσωτερικό καλείται το χυτήριο που είτε ανήκει στην εταιρία είτε χυτεύει αποκλειστικά για αυτήν. Κατά μία έννοια το χυτήριο καθορίζει τη δυναμικότητα μίας εταιρίας, διότι οι εταιρίες μεγάλης παραγωγικότητας διαθέτουν εσωτερικό χυτήριο, ενώ σχετικά χαμηλής παραγωγικότητας εταιρίες συνεργάζονται με εξωτερικό χυτήριο.

Σε τυποποιημένες αντλίες, υπάρχει έτοιμο καλούπι, βάση σχεδιασμένου μοντέλου, στο οποίο χυτεύονται τα ημιέτοιμα προϊόντα.

Σε μη τυποποιημένες παραγγελίες το σχεδιαστικό μοντέλο προκύπτει βάση μελέτης και έπειτα κατασκευάζεται το καλούπι στο οποίο θα χυτευθεί το ημιέτοιμο προϊόν.

Αξίζει να τονιστεί ότι η περωτή χυτεύεται στη μέγιστη διάμετρο.

## **Κατεργασία**

Στο στάδιο αυτό τα ημιέτοιμα προϊόντα τα οποία έχουν χυτευθεί, υφίστανται κατεργασία με στόχο τη αφαίρεση περιττού υλικού και τη λείανση επιφανειών. Οι κατεργασίες αυτές πραγματοποιούνται με την χρήση τόννου ή εργαλειομηχανών CNC.

Μία ακόμα κατεργασία αποτελεί η μείωση διαμέτρου της περωτής (τρόχισμα), όταν αυτό απαιτείται.

## **Ποιοτικός έλεγχος**

Ο ποιοτικός έλεγχος ημιέτοιμων προϊόντων πραγματοποιείται μετά την περάτωση μίας διαδικασίας και πριν τη διεξαγωγή της επόμενης. Στόχος του είναι ο εντοπισμός ελαττωματικών (σκάρτων) προϊόντων και η απομάκρυνση τους από τη συνέχιση των διαδικασιών, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος τοποθέτησης τους στο αντλητικό συγκρότημα με αποτέλεσμα την εμφάνιση βλαβών. Για τον λόγο αυτό οι ποιοτικοί έλεγχοι που πραγματοποιούνται είναι 100%, δηλαδή πραγματοποιούνται σε όλα τα ημιέτοιμα προϊόντα.

Συνήθως, ποιοτικοί έλεγχοι πραγματοποιούνται μετά τη χύτευση των προϊόντων και πριν τη κατεργασία τους, καθώς και μετά τη κατεργασία τους.

Τα ημιέτοιμα προϊόντα που κρίνονται ελαττωματικά τοποθετούνται σε χώρο καραντίνας, όπου φυλάσσονται τα ελαττωματικά προϊόντα, ώστε να μη μπερδευτούν με τα σωστά. Από εκεί, σε περίπτωση όπου η εταιρία διαθέτει εσωτερικό χυτήριο οδηγούνται για αναχύτευση, ενώ οι εταιρίες που συνεργάζονται με εξωτερικό χυτήριο τα επιστρέφουν σ' αυτό και πραγματοποιείται αντικατάστασή τους.



### Δοκιμή της αντλίας

Η δοκιμή της αντλίας πραγματοποιείται με σκοπό:

- τη χάραξη των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας, ώστε να διαπιστωθεί αν η αντλία καλύπτει τις λειτουργικές απαιτήσεις για τις οποίες σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε.
- τη διαπίστωση ότι η αντλία δεν παρουσιάζει κατασκευαστικά λάθη.

Η αντλία τοποθετείται σε αντλητική διάταξη (κλειστό κύκλωμα), η οποία περιλαμβάνει μία δεξαμενή στην οποία είναι συνδεδεμένοι ένας σωλήνας αναρρόφησης και ένας σωλήνας κατάθλιψης. Η μεταβολή της παροχής πραγματοποιείται μέσω βάνας, η οποία είναι συνδεδεμένη στον σωλήνα κατάθλιψης.

Αφού η αντλία συνδεθεί στην αντλητική διάταξη, μετρώνται για διάφορες αυξανόμενες τιμές της παροχής, οι οποίες ρυθμίζονται μέσω της βάνας, και για σταθερή ταχύτητα περιστροφής η τιμή της παροχής  $Q$ , η απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς του κινητήρα και η αποδιδόμενη ισχύς στον άξονα.

Επίσης, μετρώνται οι στατικές πιέσεις στις διατομές κατάθλιψης και αναρρόφησης της αντλίας, οι όροι των κινητικών ενεργειών, ενώ είναι δεδομένες οι στάθμες αναρρόφησης και κατάθλιψης, οπότε μπορεί να υπολογιστεί το ολικό ύψος.

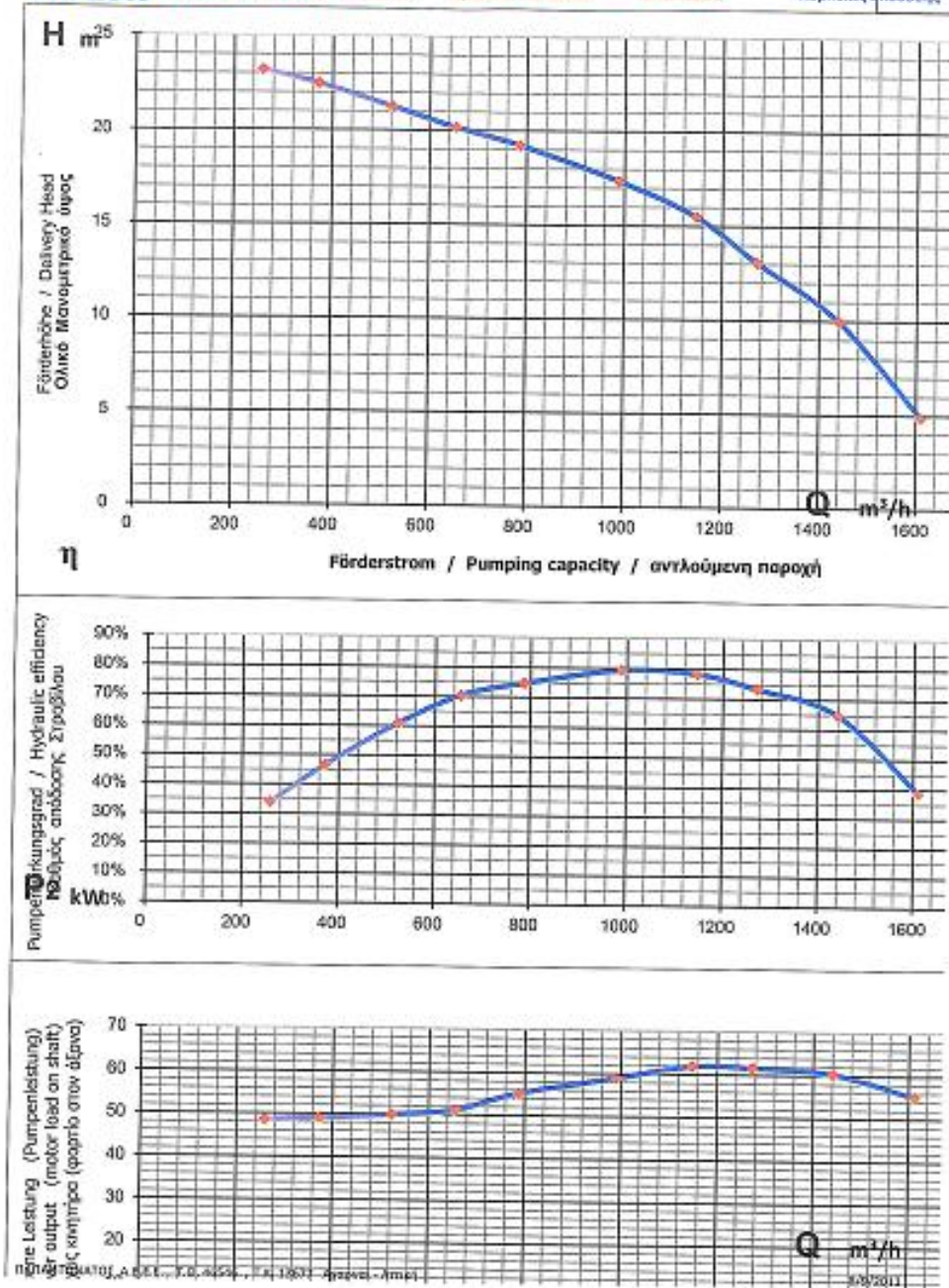
Με αυτά τα στοιχεία μπορούν να χαραχθούν οι καμπύλες  $H-Q$  και  $N-Q$ .

Από τον λόγο της ισχύος που μεταβιβάζεται στο υγρό προς τη αποδιδόμενη ισχύ στον άξονα προκύπτει ο βαθμός απόδοσης της αντλίας, οπότε μπορεί να χαραχθεί η καμπύλη  $\eta-Q$ .

Από τον λόγο της αποδιδόμενης στον άξονα προς την απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύ προκύπτει ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα  $\eta_{ηλ}$ , οπότε με πολλαπλασιασμό των δύο βαθμών απόδοσης (αντλίας, κινητήρα), προκύπτει ο ολικός βαθμός απόδοσης του αντλητικού συγκροτήματος.

Παρακάτω, παρουσιάζεται το δελτίο δοκιμής μίας αντλίας λυμάτων, στο οποίο φαίνονται οι τιμές των μεγεθών που περιγράψαμε παραπάνω, καθώς και οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας.





Σχ.9.4 Χαρακτηριστικές καμπύλες δελτίου δοκιμής υποβρύχιας αντλίας λυμάτων.

### **9.3 Διαγράμματα ροής παραγωγικής διαδικασίας**

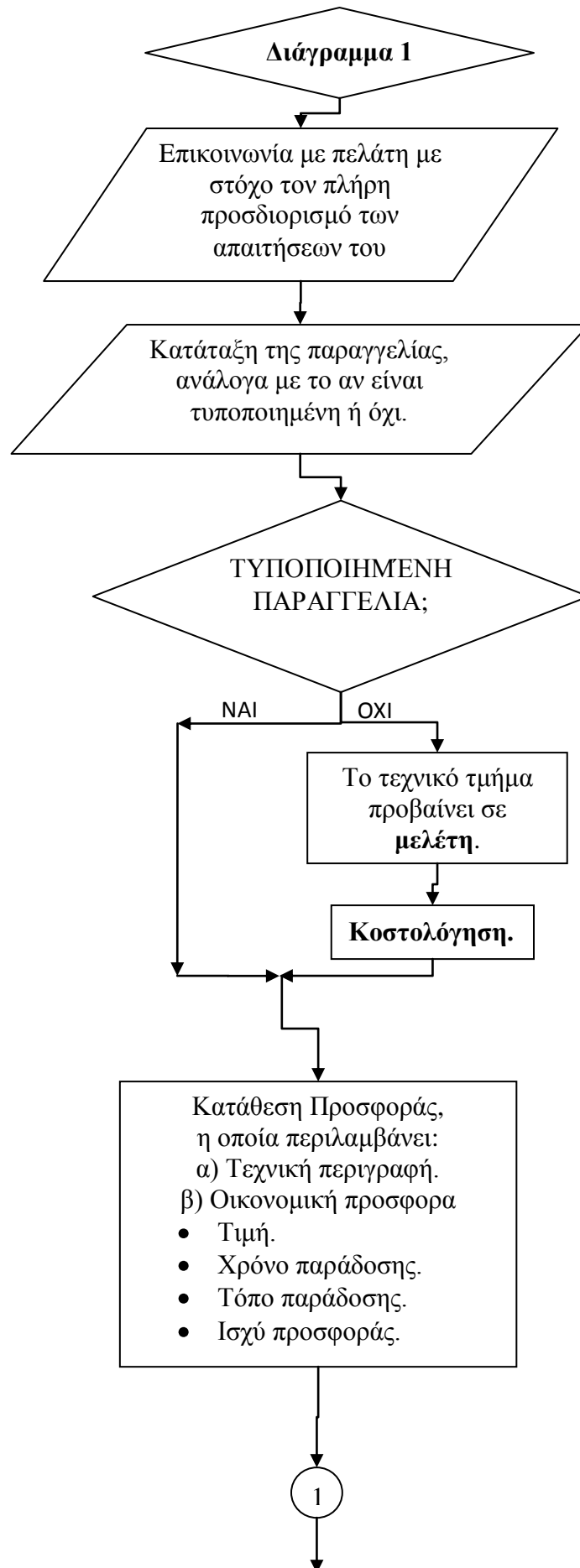
Στο σημείο αυτό θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τη διαδικασία παραγωγής αντλιών μέσω διαγραμμάτων ροής.

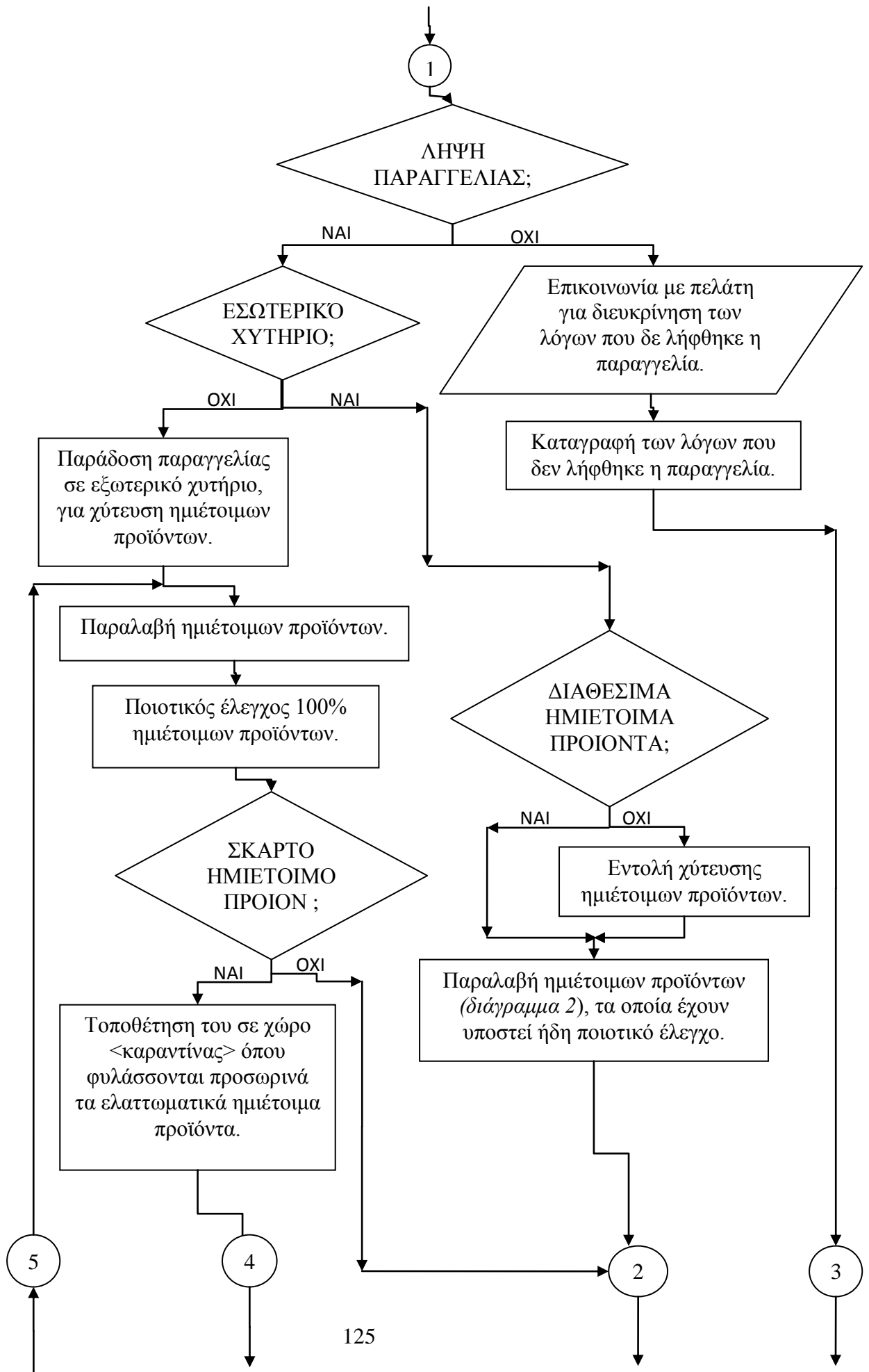
Στο *διάγραμμα 1* παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι διαδικασίες από τη στιγμή που ο χρήστης επικοινωνεί με την εταιρία μέχρι τη στιγμή παράδοσης της αντλίας ή του αντλητικού συγκροτήματος.

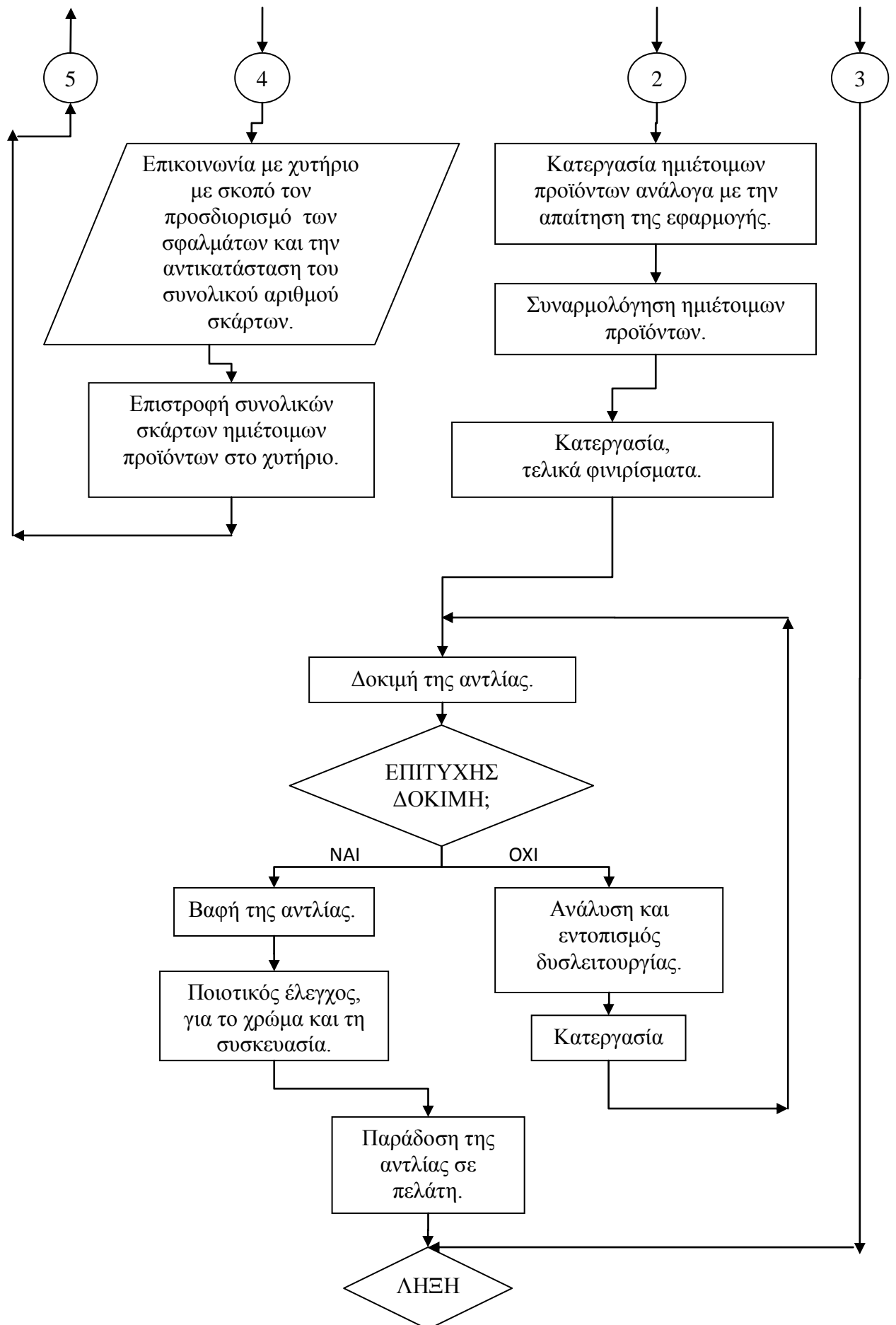
Η κύρια διαφοροποίηση στο διάγραμμα αυτό πηγάζει στη ύπαρξη εσωτερικού ή εξωτερικού χυτηρίου, κάτι το οποίο αντανακλά τη παραγωγικότητα της εταιρίας. Όπως αναφέραμε, εταιρίες που διαθέτουν εσωτερικό χυτήριο χαρακτηρίζονται από μεγάλη παραγωγικότητα. Στην περίπτωση εταιριών μεγάλης παραγωγικότητας, τα ημιέτοιμα προϊόντα χυτεύονται, υπόκεινται σε ποιοτικό έλεγχο, κατεργάζονται προκειμένου να αφαιρεθεί περιττό υλικό από τη επιφάνεια τους και να λειανθούν, υφίστανται πάλι ποιοτικό έλεγχο και έπειτα αποθηκεύονται στην αποθήκη ημιέτοιμων προϊόντων. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται στο *διάγραμμα 2*. Από εκεί, σε περίπτωση λήψης παραγγελίας θα υποστούν συγκεκριμένες κατεργασίες, όπως μείωση διαμέτρου της περωτής, άνοιγμα οπών στις φλάντζες ώστε να συναρμολογηθούν.

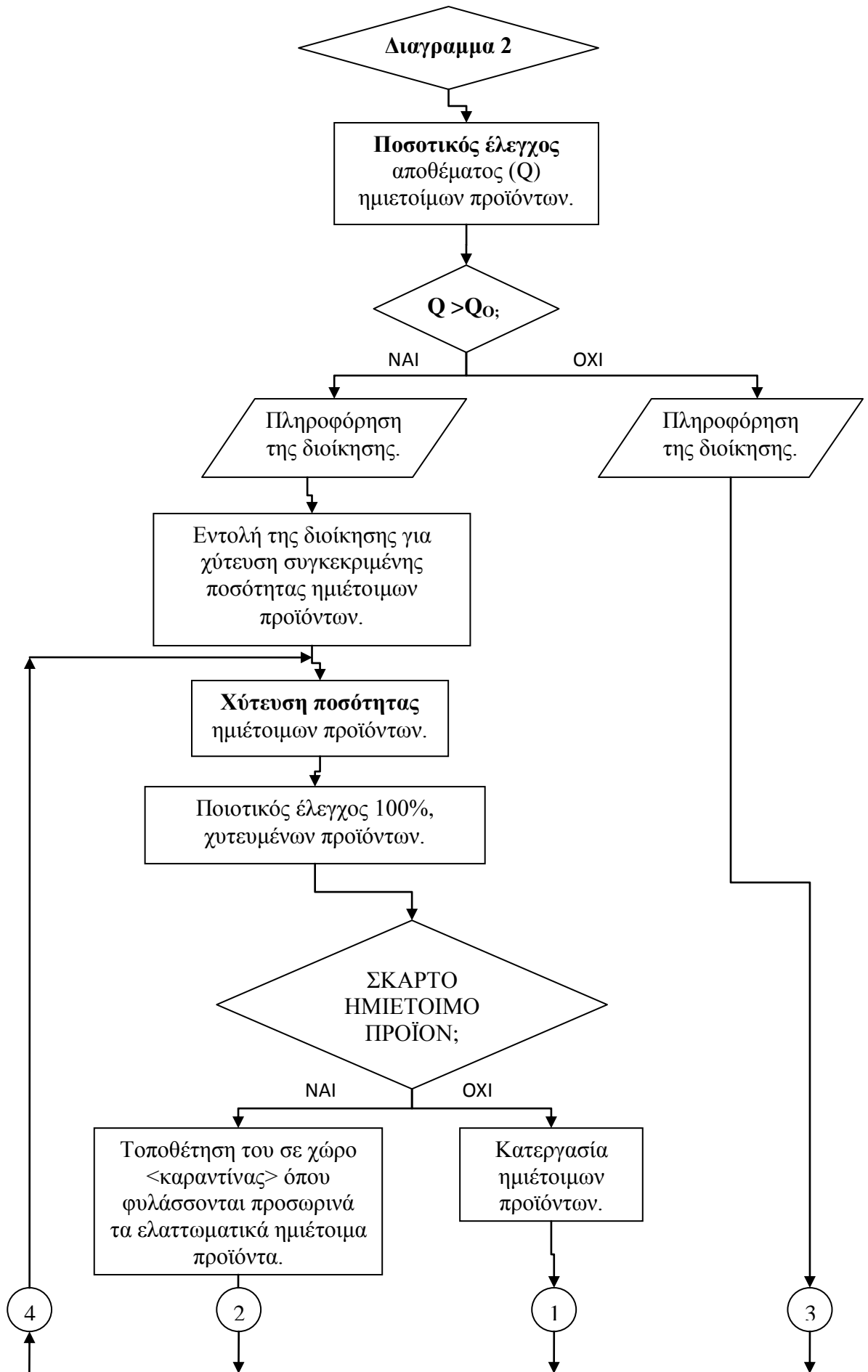
Σε περίπτωση εταιριών μικρής παραγωγικότητας όλες οι παραπάνω διαδικασίες θα πραγματοποιηθούν μετά τη λήψη της παραγγελίας, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1.

Τονίζεται ότι οι διαδικασίες παραγωγής που αναφέρονται στα παρακάτω διαγράμματα είναι γενικές και μπορεί να υπάρχουν διαφοροποιήσεις σε ορισμένες εταιρίες.

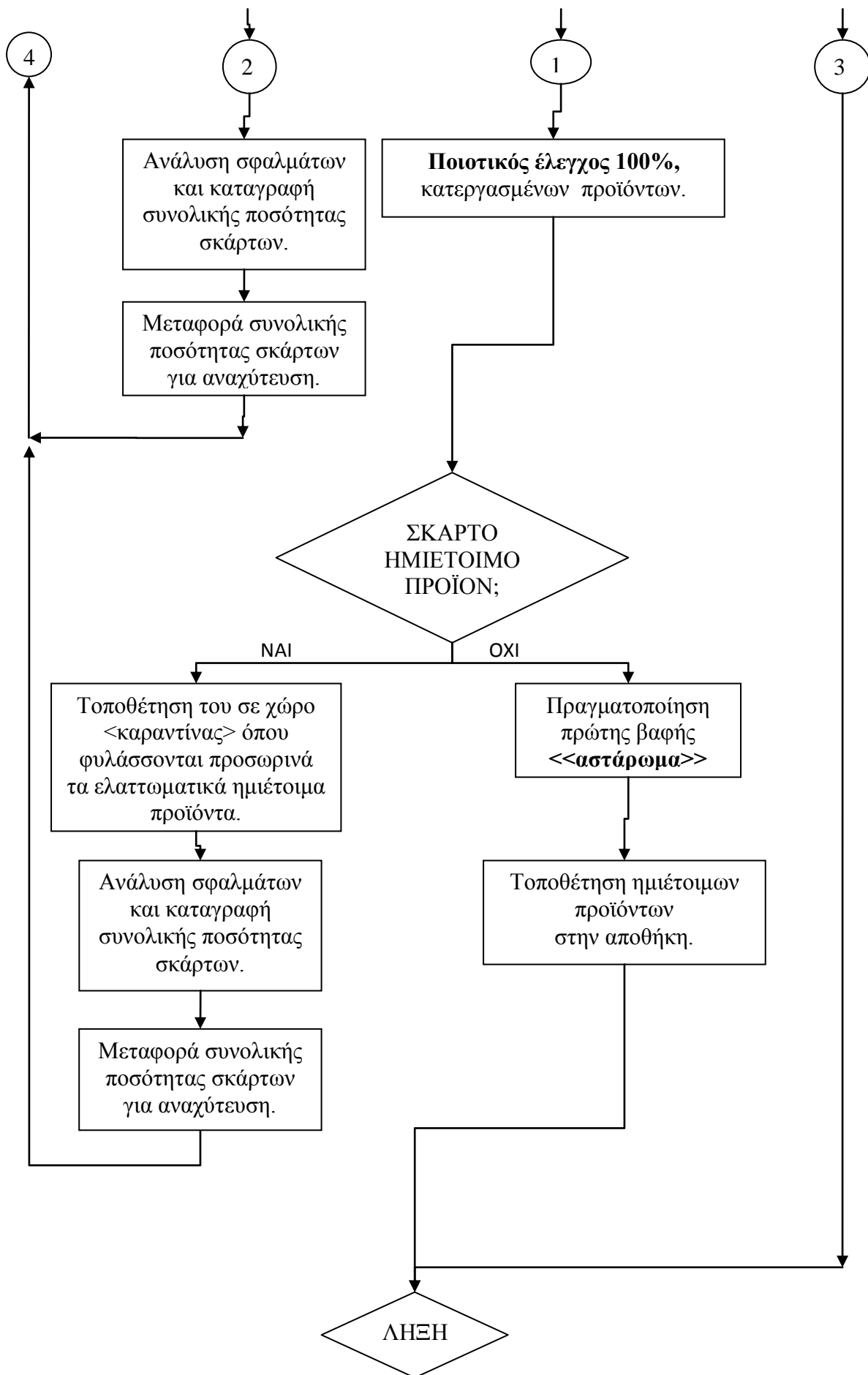












## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΒΛΑΒΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ**

### **10.1 Εισαγωγή**

Οι κατασκευαστικές εταιρίες στη πλειονότητα τους ενδιαφέρονται για τη σωστή λειτουργία της αντλίας ή του αντλητικού συγκροτήματος που προμηθεύουν το πελάτη.

Οι λόγοι είναι δύο:

α) ο κύριος λόγος είναι ότι, σε περίπτωση που υποστεί βλάβη η αντλία ή το αντλητικό συγκρότημα τότε η εταιρία δυσφημίζεται ακόμα και όταν ο μόνος υπεύθυνος της βλάβης είναι ο χρήστης. Επίσης, μετά από μία βλάβη υπάρχει περίπτωση να διακοπεί η συνεργασία της εταιρίας με τον πελάτη.

β) ένας δευτερεύων λόγος, είναι ότι το κόστος επισκευής σε περίπτωση που η αντλία καλύπτεται από εγγύηση είναι αρκετά μεγάλο. Το κόστος επισκευής διαμορφώνεται από το κόστος ελέγχου, κόστος επισκευής, κόστος δοκιμής και κόστος εγκατάστασης. Ο λόγος αυτός θεωρείται δευτερεύων, διότι προτεραιότητα των κατασκευαστικών εταιριών είναι η ικανοποίηση του πελάτη.

### **10.2 Ενέργειες προληπτικής συντήρησης**

Για τους παραπάνω λόγους οι κατασκευαστικές εταιρίες λαμβάνουν τα ακόλουθα μέτρα που αφορούν τη προληπτική συντήρηση των αντλητικών συγκροτημάτων:

i) επιλογή της κατάλληλης αντλίας

Η επιλογή της κατάλληλης αντλίας ή του αντλητικού συγκροτήματος αποτελεί κύριο παράγοντα για τη σωστή λειτουργία της εφαρμογής. Για τον λόγο αυτόν οι κατασκευαστικές εταιρίες κατά την ανάληψη της παραγγελίας προσπαθούν να συλλέξουν όσο το δυνατό περισσότερες πληροφορίες για την απαίτηση της εφαρμογής. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν τη τεκμηρίωση των σωστών λειτουργικών στοιχείων (H, Q), καθώς και πληροφορίες για τη ποιότητα του υγρού, θερμοκρασία υγρού και περιβάλλοντος, συνθήκες εγκατάστασης.

Αυτό το μέτρο είναι πολύ σημαντικό, διότι συνήθες φαινόμενο αποτελεί η υπερδιαστασιολόγηση των λειτουργικών απαιτήσεων και η εξιδανίκευση των συνθηκών και τεχνικών λεπτομερειών από πλευράς χρήστη ή τεχνικού (εκτός εταιρίας).

ii) οδηγίες χρήσης

Η κατασκευαστική εταιρία κατά την παράδοση ή την εγκατάσταση του αντλητικού συγκροτήματος συμβουλεύει το χρήστη με τις κατάλληλες οδηγίες, ώστε να μη προκύψουν ή έστω να περιοριστούν οι πιθανές βλάβες. Οι οδηγίες αυτές αφορούν την εγκατάσταση, την εκκίνηση, τη λειτουργία. Επίσης αφορούν την περίπτωση που παρουσιαστεί κάποιο ανεπιθύμητο φαινόμενο κατά τη λειτουργία. Στη τελευταία περίπτωση, πρέπει να σταματήσει η λειτουργία της αντλίας και να ενημερωθεί το τεχνικό τμήμα.

Η εταιρία μέσω των οδηγιών χρήσης βελτιώνει την <εικόνα> της στον χρήστη, καθώς ο χρήστης αισθάνεται ότι η εταιρία ενδιαφέρεται για την ικανοποίηση του. Επίσης, ο ρόλος τους είναι ιδιαίτερα σημαντικός, διότι μέσω αυτών μειώνεται το ποσοστό κακοδιαχείρισης της αντλίας. Καθώς συνήθες φαινόμενο αποτελεί το γεγονός ότι κατά τη παρουσίαση δυσλειτουργίας της αντλίας, όπως π.χ έντονων κραδασμών, ο χρήστης δεν σταματάει τη λειτουργία με αποτέλεσμα τη πρόκληση μεγαλύτερων βλαβών.

#### iii) πρόταση ολοκληρωμένης εργασίας

Η εταιρία συστήνει στο χρήστη την ανάληψη όλων ή εκείνων των αρμοδιοτήτων που κρίνει, ώστε να μην παρουσιαστούν δυσάρεστα φαινόμενα.

Σε αυτή την περίπτωση η εταιρία προβαίνει σε παρατήρηση και ανάλυση των απαιτήσεων της εφαρμογής. Οπότε, είναι πλέον σίγουρη ότι οι λειτουργικές απαιτήσεις είναι ορθές. Επίσης, γνωρίζει τεχνικά στοιχεία όπως ποιότητα υγρού, συνθήκες περιβάλλοντος, συνθήκες εγκατάστασης. Έτσι, η επιλογή της κατάλληλης αντλίας είναι πολύ εφικτή.

Ένα άλλο μέρος της ολοκληρωμένης εργασίας είναι η εγκατάσταση ή η επίβλεψη της εγκατάστασης. Το μέρος αυτό είναι πολύ σημαντικό, διότι λάθος κατά την εγκατάσταση συνεπάγεται σίγουρη πρόκληση βλάβης.

#### iv) προληπτικός έλεγχος

Η εταιρία συστήνει στο χρήστη περιοδικούς ελέγχους κατά τους οποίους διαπιστώνονται τυχόν φθορές σε εξαρτήματα. Το χρονικό διάστημα του ελέγχου καθορίζεται είτε με βάση το χρόνο(κυμαίνεται από 6-12 μήνες) ,είτε με βάση τις ώρες λειτουργίας (συνήθως 5000 ώρες λειτουργίας) ανάλογα με την χρήση του αντλητικού συγκροτήματος. Τα εξαρτήματα τα οποία ελέγχονται καθορίζονται από την εταιρία βάση εμπειρίας προηγούμενων εφαρμογών. Συνήθως, οι επιδιορθώσεις αυτές πραγματοποιούνται επί του αντλιοστασίου. Η πραγματοποίηση του ελέγχου αυτού έχει ως στόχο τη έγκαιρη διαπίστωση μικροβλαβών, οι οποίες αν δεν εντοπισθούν γρήγορα θα προκαλέσουν μεγάλες φθορές.

Επίσης, οι εταιρίες συστήνουν κύριες επισκευές σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα(συνήθως κάθε 5 έτη ή κάθε 25.000 ώρες εργασίας). Ονομάζονται κύριες επειδή ο χρόνος ζωής ορισμένων εξαρτημάτων της αντλίας δεν ξεπερνάει τον χρόνο που συστήνεται για επισκευή. Οπότε, σε περίπτωση που δεν πραγματοποιηθεί έλεγχος είναι πολύ πιθανό να παρουσιαστούν φθορές στα εξαρτήματα και κατ' επέκταση μεγαλύτερες φθορές. Η πραγματοποίηση των επισκευών αυτών πραγματοποιείται στην εταιρία κατασκευής.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ.10.1) ,παρουσιάζει τους ελέγχους που προτείνονται από μία εταιρία κατασκευής αντλιών λυμάτων στους χρήστες, καθώς και τη δυνατότητα πραγματοποίησης εντός ή εκτός του αντλιοστασίου.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, προτεραιότητα των εταιριών είναι η ικανοποίηση του πελάτη και αποφυγή της δυσφήμισης του ονόματος της εταιρίας. Μέσα από τις παραπάνω ενέργειες οι εταιρίες προσπαθούν να υλοποιήσουν τους στόχους αυτούς.

Επίσης, σε περίπτωση παρουσίας βλάβης έχουν καθοριστεί οι πιθανοί λόγοι που οδήγησαν σε αυτή, έτσι ώστε να είναι σαφές αν υπεύθυνος είναι η εταιρία ή ο χρήστης και να αποτραπούν προστριβές μεταξύ τους.

Σημείο ελέγχου αντλίας	Ενδιάμεσες επισκευές μια φορά το χρόνο / 5000 ώρες λειτουργίας	Κύριες επισκευές (επιπροσθέτως) κάθε 5 χρόνια / 25000 ώρες λειτουργίας	Δυνατότητα επισκευής επιτόπου στο αντιλοστάσιο	Παρατηρήσεις
Θάλαμος σύνδεσης καλωδίων	Έλεγχος ότι είναι καθαρός και στεγνός, έλεγχος ηλεκτρικών συνδέσεων		ΝΑΙ	Ο χώρος διαθέτει ανιχνευτή υγρασίας (έλεγχος εάν είναι συνδεδεμένος)
Καλώδιο	Έλεγχος εξωτερικού περιβλήματος καλωδίου (να μην υπάρχουν φθορές) και τα καλώδια δεν παρουσιάζουν απότομες καμπυλώσεις και δεν είναι τραυματισμένα		ΝΑΙ	
Αντίσταση μονώσεως	Έλεγχος αντίστασης κάθε φάσης με τη γή ότι είναι περισσότερο από 5 MΩ		ΝΑΙ	
Κέλυφος στάτη	Έλεγχος ότι είναι καθαρός και στεγνός		ΝΑΙ	Διαθέτει τάπα επιθεωρήσεως
Έλεγχος χώρου λαδιού	Έλεγχος ποιότητας λαδιού		ΝΑΙ	Διαθέτει τάπα επιθεωρήσεως με στόμιο απορροής. Ο χώρος διαθέτει ανιχνευτή υγρασίας (έλεγχος εάν είναι συνδεδεμένος)
Πτερωτή	Έλεγχος για φθορά		ΝΑΙ	Μέσω των ταχυπαξιμαδιών "fast lock" η πτερωτή απομακρύνεται μαζί με τον κινητήρα από τον σαλιγκάρο
Δακτυλίδι φθοράς πτερωτής	Έλεγχος για φθορά		ΝΑΙ	Επανατοποθέτηση σε νέα θέση (σύστημα Reducer)
Εξωτερικά κελύφη μικροϋλικά	Έλεγχος για φθορά			
Στεγανοποιητική κασσέτα		προληπτική αλλαγή	ΝΑΙ	Στεγανοποιητική κασσέτα "fast seal"
Σετ ρουλεμαν		προληπτική αλλαγή	ΟΧΙ	
Δοκιμή στο δοκιμαστήριο			ΟΧΙ	

Σχ.10.1 Προτεινόμενοι προληπτικοί έλεγχοι από εταιρία κατασκευής αντλιών λυμάτων (ΠΑΠΑΝΤΩΝΑΤΟΣ).

### 10.3 Αιτίες βλαβών και πιθανές βλάβες

#### 10.3.1 Λανθασμένη μεταχείριση χρηστών

Πριν αναλύσουμε τις κύριες αιτίες που προκαλούν βλάβες σε ένα αντλητικό συγκρότημα, αξίζει να τονίσουμε το ποσοστό βλαβών που οφείλονται στις κατασκευαστικές εταιρίες και το ποσοστό βλαβών που προκαλούνται από λανθασμένη μεταχείριση του χρήστη.

Οι κατασκευαστικές εταιρίες, για λόγους που αναπτύξαμε παραπάνω, δεν αφήνουν πολλά περιθώρια να παρουσιαστεί βλάβη που οφείλεται σε κατασκευαστικό λάθος.

Όσο αναφορά τους χρήστες, η λανθασμένη μεταχείριση της αντλίας αναφέρεται στα εξής:

Μη πραγματοποίηση προληπτικών ελέγχων.

Λειτουργία του αντλητικού συγκροτήματος σε σημεία εκτός των προδιαγραφών (συνήθως σε σημεία αριστερά της χαρακτηριστικής καμπύλης (H, Q) δηλαδή για μικρές παροχές).

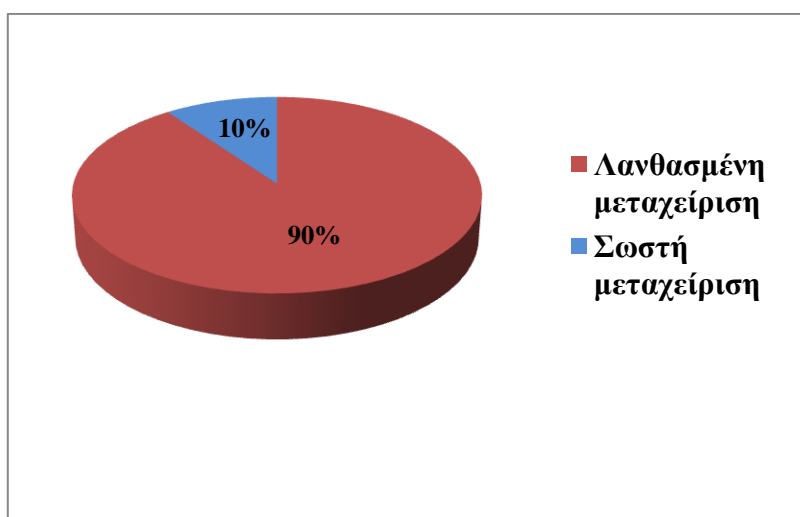
Περισσότερες εκκινήσεις ανά ώρα, από αυτές που ορίζουν οι προδιαγραφές του συγκεκριμένου αντλητικού συγκροτήματος.

Εκκίνηση του αντλητικού συγκροτήματος με κλειστή βάνα.

Χρησιμοποίηση της αντλίας για διαφορετικό αντλούμενο υγρό από αυτό που έχει οριστεί κατά τη παραγγελία.

Για την ανάλυση του ποσοστού λανθασμένης μεταχείρισης από τους χρήστες, κατατάξαμε τους χρήστες σε δύο κατηγορίες.

Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται οι ιδιώτες και οι χρήστες οικιακών και αγροτικών εφαρμογών. Το παρακάτω σχήμα (Σχ.11.2) παρουσιάζει το ποσοστό λανθασμένης μεταχείρισης από τους χρήστες των τομέων αυτών.



Σχ.10.2 Ποσοστό λανθασμένης μεταχείρισης χρηστών ιδιωτικών, οικιακών και αγροτικών εφαρμογών.

Από το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ότι στους τομείς αυτούς η συντριπτική πλειοψηφία χρηστών πραγματοποιεί λανθασμένη μεταχείριση του αντλητικού συγκροτήματος.

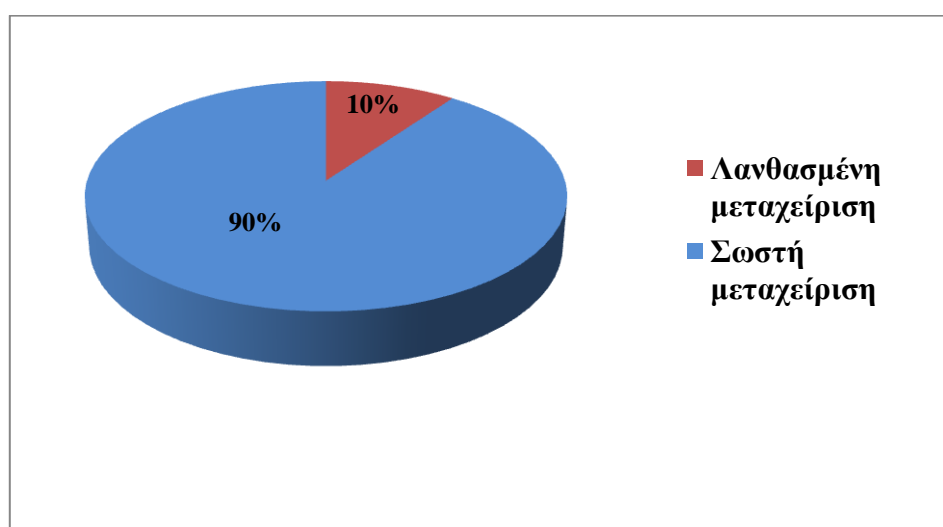
Οι λόγοι που διαμορφώνουν το παραπάνω ποσοστό στους τομείς αυτούς είναι οι εξής:

Στον αγροτικό τομέα, η κακοδιαχείριση αρχίζει συνήθως από την επιλογή της αντλίας. Η επιλογή της αντλίας βασίζεται σε λάθος κριτήρια, όπως χαμηλό κόστος, λάθος υπολογισμός των λειτουργικών απαιτήσεων από τους ίδιους, επηρεασμός στην εκλογή αντλίας από παρόμοιες εφαρμογές που έχουν συναντήσει.

Στους τομείς αυτούς δεν υπάρχει τεχνογνωσία από τους χρήστες για τη σωστή λειτουργία ενός αντλητικού συγκροτήματος.

Στους τομείς αυτούς δεν υπάρχουν κανονισμοί οι οποίοι να συμμορφώνουν τους χρήστες με τη σωστή λειτουργία αλλά κυρίως με το προληπτικό έλεγχο του αντλητικού συγκροτήματος. Σε περίπτωση βλάβης δεν υπάρχει ανάθεση ευθύνης σε κάποιο αρμόδιο, ώστε να τον ενεργοποιήσει να πραγματοποιηθεί πρόληψη της.

Στη δεύτερη κατηγορία κατατάσσονται οι χρήστες βιομηχανικών, ναυτιλιακών, ξενοδοχειακών και ειδικών εφαρμογών. Το ποσοστό λανθασμένης μεταχείρισης από τους χρήστες αυτούς φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ.10.3).



Σχ.10.3 Ποσοστό λανθασμένης μεταχείρισης χρηστών ναυτιλιακών, βιομηχανικών, ξενοδοχειακών και ειδικών εφαρμογών.

Από το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών στους τομείς αυτούς χρησιμοποιεί το αντλητικό συγκρότημα σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Οι λόγοι που διαμορφώνουν το παραπάνω ποσοστό στους τομείς αυτούς είναι οι εξής:

Σε μία βιομηχανία, σε περίπτωση βλάβης του αντλητικού συγκροτήματος, η παραγωγική διαδικασία θα διακοπεί. Αυτό συνεπάγεται μεγάλη ζημία της βιομηχανίας. Οπότε, η βιομηχανία θέλει να ελαχιστοποιήσει τη πιθανότητα βλάβης και για τον λόγο αυτόν πραγματοποιεί λειτουργεί το αντλητικό συγκρότημα εντός των προδιαγραφών και υλοποιεί προληπτικούς ελέγχους σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Σε μία βιομηχανική μονάδα υπάρχει προσωπικό το οποίο έχει τεχνογνωσία. Οπότε η χρήση των μηχανημάτων και κατά συνέπεια του αντλητικού συγκροτήματος πραγματοποιείται σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

Μία βιομηχανική μονάδα λειτουργεί σύμφωνα με ορισμένους κανόνες. Οι κανόνες αυτοί μπορεί να διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας. Ωστόσο,

κοινό χαρακτηριστικό όλων των βιομηχανιών είναι η ανάθεση συγκεκριμένων αρμοδιοτήτων και ευθυνών στο προσωπικό τους. Οπότε, τα άτομα (τεχνικό τμήμα, υπεύθυνος παραγωγής) που έχουν αναλάβει την αρμοδιότητα συνεχούς και σωστής λειτουργίας της παραγωγικής διαδικασίας, φροντίζουν να εξασφαλίζεται σωστή χρήση των μηχανημάτων και να υλοποιούνται οι προληπτικοί έλεγχοι που απαιτούνται. Επίσης, ενδιαφέρονται να προμηθευτούν τη κατάλληλη αντλία για την εφαρμογή τους. Επειδή σε περίπτωση βλάβης τα άτομα αυτά θα φέρουν την ευθύνη και θα υποστούν κυρώσεις ή δυσφήμιση της εργασίας τους.

Στον τομέα της ναυτιλίας, η σωστή λειτουργία του αντλητικού συγκροτήματος αναφέρεται κυρίως στην ασφάλεια και τη προστασία του προσωπικού.

Σε μία ξενοδοχειακή μονάδα περίπτωση βλάβης του αντλητικού συγκροτήματος, συνεπάγεται δυσφήμιση του ονόματος της μονάδας. Οπότε παρόλο που μία τέτοια μονάδα δεν διαθέτει εξειδικευμένο προσωπικό Στον τομέα των μηχανημάτων, φροντίζει το αντλητικό συγκρότημα να υπόκειται σε προληπτικούς ελέγχους και να εφαρμόζονται οι οδηγίες των κατασκευαστή.

### **10.3.2 Αιτίες βλαβών**

Οι κύριες αιτίες οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν βλάβη του αντλητικού συγκροτήματος είναι οι εξής:

#### **α) Κακή τροφοδότηση τάσης και ρεύματος από το δίκτυο**

Σύνηθες φαινόμενο αποτελεί η κακή τροφοδότηση από το δίκτυο και πιο συγκεκριμένα, φαινόμενα υπέρτασης, χαμηλού ρεύματος και παρουσίασης ασυμμετρίας φάσεων. Στις περιπτώσεις αυτές υπάρχει μεγάλη πιθανότητα καταστροφής του κινητήρα.

#### **β) Υπέρβαση της διάρκειας ζωής των εξαρτημάτων**

Τα εξαρτήματα της αντλίας έχουν μία ορισμένη διάρκεια ωρών λειτουργίας, ανάλογα με το είδος τους ( έδρανα, στυπιοθλίπτης, σαλαμάστρα, δακτύλιοι στεγανότητας), το υλικό τους και τις διαστάσεις τους. Επίσης, η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται από τη θέση στην οποία βρίσκονται, διότι τα έδρανα τα οποία βρίσκονται στη βάση, απορροφούν μεγαλύτερο μέρος του φορτίου. Η ιδιότητα των εξαρτημάτων αυτών να χαρακτηρίζονται από ένα όριο ωρών λειτουργίας, σε περίπτωση μη έγκαιρης αντικατάστασης τους, προκαλεί καταστροφή τους και διακοπή της λειτουργίας του αντλητικού συγκροτήματος.

#### **γ) Φυσικά φαινόμενα**

Σε περιπτώσεις όπου το αντλητικό συγκρότημα είναι τοποθετημένο σε ανοικτό χώρο, είναι εκτεθειμένο σε φυσικά φαινόμενα. Παράδειγμα τέτοιου φαινομένου αποτελεί ο κεραυνός. Τα φαινόμενα αυτά μπορεί να προκαλέσουν καταστροφή του αντλητικού συγκροτήματος. Η αντιμετώπιση τους είναι ιδιαίτερα δύσκολη, ακόμα και όταν γίνεται προσπάθεια πρόβλεψης και πρόληψής τους, όπως αντικεραυνική προστασία.

#### δ) Λάθος επιλογή αντλίας

Όταν σε μία εφαρμογή δεν αναλυθούν πλήρως όλα τα στοιχεία και οι ιδιαιτερότητες της ή αναλυθούν λάθος στοιχεία, τότε καταλήγουμε σε επιλογή μη κατάλληλης αντλίας.

Η επιλογή μη κατάλληλης αντλίας διακρίνεται σε δύο περιπτώσεις:

- Υπερδιαστασιολόγηση της αντλίας. Αυτό παρατηρείται όταν δοθούν λάθος λειτουργικά στοιχεία (H, Q), ή όταν δοθούν λάθος στοιχεία για την αντλητική διάταξη.
- Επιλογή λάθος υλικών κατασκευής ή τύπου εξαρτημάτων. Η επιλογή κατάλληλων υλικών κατασκευής (χυτοσίδηρος, ορείχαλκος, ανοξείδωτος χάλυβας) και κατάλληλου τύπου εξαρτημάτων (μορφή πτερωτής, στυπιοθλίπτης ή σαλαμάστρα), προϋποθέτει τη σωστή ανάλυση της ποιότητας του υγρού (καθαρό, ακάθαρτο, λύμα, χημικά), της ποιότητας του εδάφους και της θερμοκρασίας υγρού και περιβάλλοντος. Αν έστω και ένα από τα παραπάνω στοιχεία δεν αναλυθεί σωστά, καταλήγουμε σε λάθος επιλογή υλικών κατασκευής ή τύπου εξαρτημάτων, με αποτέλεσμα μηχανική ή χημική διάβρωση των υλικών. Ακόμα και σε περιπτώσεις όπου το υγρό έχει καταταχθεί στη κατάλληλη κατηγορία (καθαρό, ακάθαρτο, λύμα, χημικά), χρειάζεται περαιτέρω ανάλυση της περιεκτικότητας του σε άμμο, της διαμέτρου των αιωρημάτων, της οξύτητας του ανάλογα με την κατηγορία.

#### ε) Κακή εγκατάσταση

Η κακή εγκατάσταση του αντλητικού συγκροτήματος αναφέρεται κυρίως στα εξής:  
Κακή ευθυγράμμιση.

Κακή ψύξη του κινητήρα, η οποία αναφέρεται στις υποβρύχιες αντλίες και η αντιμετώπιση της γίνεται με χρήση χιτωνίων ψύξης ή φίλτρων.

Χρησιμοποίηση της αντλίας ως στήριξη σωληνώσεων.

#### στ) Κακοδιαχείριση χρήστη

Μία άλλη αιτία πρόκλησης βλαβών είναι η κακοδιαχείριση του αντλητικού συγκροτήματος από το χρηστή, η οποία αναλύθηκε παραπάνω.

#### ζ) Σπηλαιώση

Η εμφάνιση του φαινομένου καθώς και η μέθοδος αντιμετώπισης της μέσω του δείκτη NPSH, έχει αναλυθεί στο θεωρητικό μέρος.



### 10.3.3 Πιθανές βλάβες

Αφού αναλύσαμε τις αιτίες οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν βλάβη σε ένα αντλητικό συγκρότημα, θα παρουσιάσουμε τις κύριες πιθανές βλάβες που συναντώνται σε ένα αντλητικό συγκρότημα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, στις κύριες πιθανές βλάβες που θα παρουσιαστούν παρακάτω δεν συμπεριλαμβάνονται η φθορά μηχανικού στυπιοθλίπτη και σαλαμάστρας, παρόλο που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό φθοράς. Ο λόγος εξαίρεσης των εξαρτημάτων αυτών (μηχ. στυπιοθλίπτης ,σαλαμάστρα) από την ανάλυση μας, είναι ότι τα εξαρτήματα αυτά δε καλύπτονται από εγγύηση και συνήθως η αντικατάστασή τους πραγματοποιείται από τους χρήστες.

Οι κύριες πιθανές βλάβες που παρουσιάζονται σε ένα αντλητικό συγκρότημα είναι οι εξής:

- Καταστροφή (κάψιμο) ηλεκτροκινητήρα.
- Καταστροφή κουζινέτων, εδράνων, δακτύλιων στεγανότητας.
- Φθορά πτερωτής.
- Ηλεκτρολύσεις, τρυπήματα κελύφους.
- Κόψιμο άξονα.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ.10.4) αναλύονται τα ποσοστά εμφάνισης βλαβών σε κάθε ένα από τα παραπάνω μέρη ενός αντλητικού συγκροτήματος, σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώσαμε από τις κατασκευαστικές εταιρίες.



Σχ.10.4 Ποσοστά εμφάνισης βλαβών σε κάθε μέρος του αντλητικού συγκροτήματος.

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι μεγαλύτερο ποσοστό φθοράς παρουσιάζουν, τα κουζινέτα, τα έδρανα και οι δακτύλιοι στεγανότητας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα εξαρτήματα αυτά έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής. Επίσης, σύμφωνα με τις κατασκευαστικές εταιρίες, Στην περίπτωση καταστροφής ή φθοράς ενός άλλου εξαρτήματος της αντλίας συνήθως έχει προηγηθεί ή έχει επέλθει φθορά των εξαρτημάτων αυτών.

Στον παρακάτω πίνακα (Πιν.10.1), συσχετίζονται οι πιθανές αιτίες για κάθε πιθανή βλάβη σε κάθε μέρος του αντλητικού συγκροτήματος.

*Πιν.10.1 Συσχέτιση πιθανών αιτιών με πιθανές βλάβες κάθε μέρους του αντλητικού συγκροτήματος.*

Αιτίες βλαβών	Πιθανές βλάβες
1)Κακή τροφοδότηση 2) Κακή ψύξη 3) Φυσικά φαινόμενα 4) Κακοδιαχείριση χρήση: i) λειτουργία σε σημεία εκτός προδιαγραφών ii) περισσότερες εκκινήσεις ανά ώρα από τις επιτρεπτές	κάψιμο κινητήρα
1)Υπέρβαση χρόνου ζωής 2) Κακοδιαχείριση χρήστη i) μη λήψη προληπτικών ελέγχων 3) Κακή εγκατάσταση i) κακή ευθυγράμμιση ii) Χρησιμοποίηση της αντλίας ως στήριξη σωληνώσεων	καταστροφή κουζινέτων, εδράνων, δακτυλίων στεγανότητας
1) Λάθος ανάλυση ποιότητας υγρού (μηχανική, χημική διάβρωση) 2) Σπηλαιώση	α) φθορά πτερωτής β) ηλεκτρολύσεις, τρυπήματα κελύφους
1) Εκκίνηση με κλειστή βάνα 2) Υπερβολικό φορτίο	κόψιμο άξονα

Πρέπει να τονίσουμε ότι σε περίπτωση παρουσίασης βλάβης σε ένα από τα παραπάνω μέρη του αντλητικού συγκροτήματος η μη έγκαιρη διακοπή λειτουργίας της αντλίας και αποκατάσταση της βλάβης έχει ως αποτέλεσμα την προσθήκη πρόσθετων βλαβών και σε υπόλοιπα μέρη του αντλητικού συγκροτήματος.

#### **10.4 Επιδιόρθωση βλαβών**

Κατά κύριο λόγο οι κατασκευαστικές εταιρίες προβαίνουν σε επισκευή των δικών τους αντλητικών συγκροτημάτων, καθώς διαθέτουν πλήρη τεχνογνωσία όσο αφορά των εντοπισμό της βλάβης σε αυτά και διαθέτουν τα υλικά που χρειάζονται σε περίπτωση αντικατάστασης. Υπάρχουν όμως και εταιρίες που προβαίνουν σε επιδιόρθωση βλαβών αντλητικών συγκροτημάτων κατασκευαστικά παρόμοιων με των δικών τους (συνήθως αντλητικών συγκροτημάτων εταιριών που πλέον δεν υφίστανται), με απώτερο στόχο να ‘μάθουν’ από τη τεχνογνωσία άλλων αντλιών.

Ένα σημαντικό μέρος πριν την επιδιόρθωση της αντλίας αναφέρεται στην ανάληψη ευθύνης όσο αφορά τη βλάβη. Για τον λόγο αυτό, οι κατασκευαστικές εταιρίες κατά τη παράδοση της αντλίας παρέχουν εγγράφως εγγύηση η οποία ορίζει:

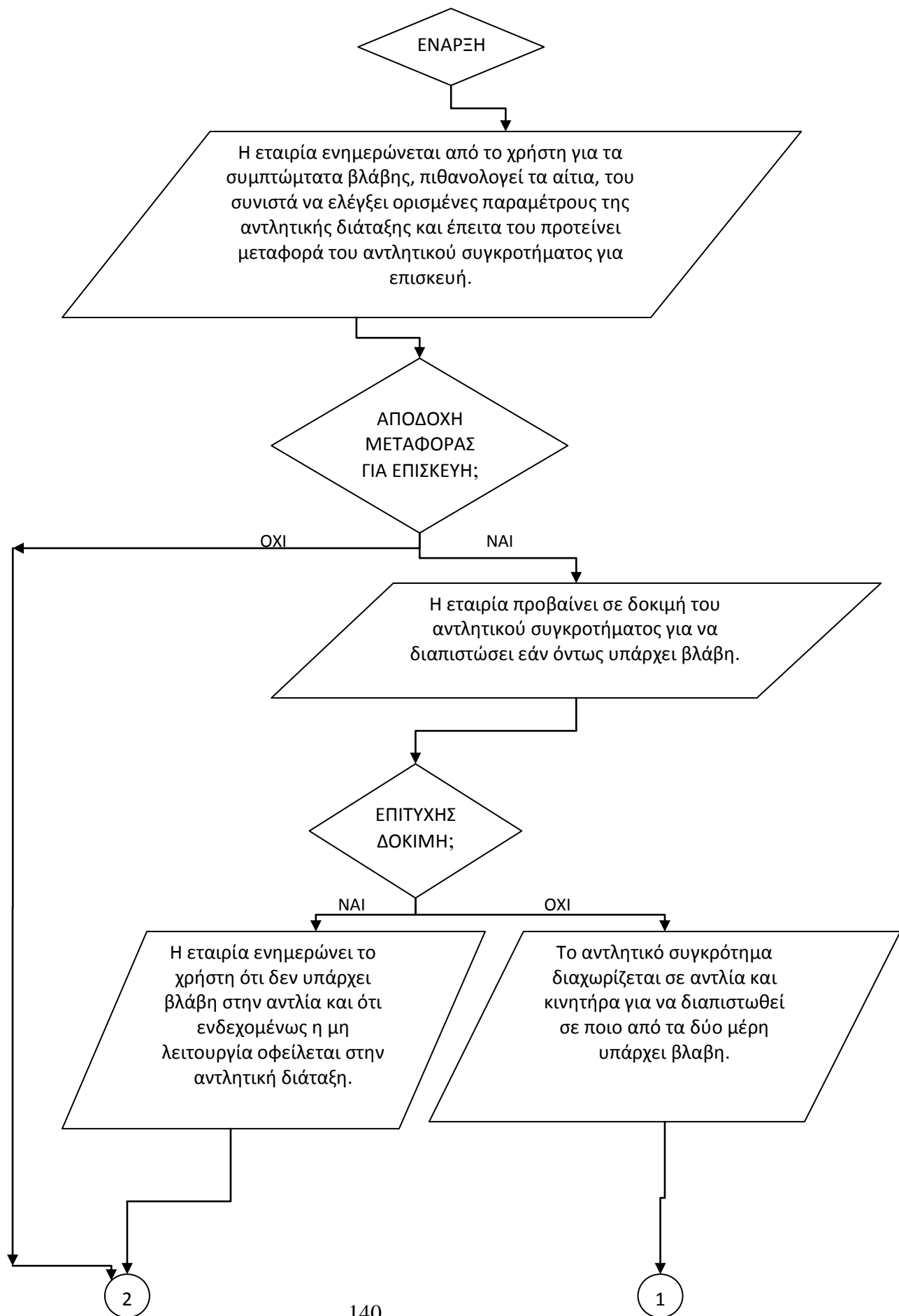
- το χρονικό περιθώριο ισχύς της.
- τα μέρη της αντλίας στα οποία παρέχεται εγγύηση.
- το χρονικό διάστημα ανά το οποίο θα πρέπει να πραγματοποιούνται προληπτικοί έλεγχοι, ώστε η εγγύηση να παραμένει σε ισχύ.
- τη λειτουργία του αντλητικού συγκροτήματος εντός προδιαγραφών (συγκεκριμένο αντλούμενο υγρό, καθορισμένα σημεία λειτουργίας), ώστε η εγγύηση να παραμένει σε ισχύ.

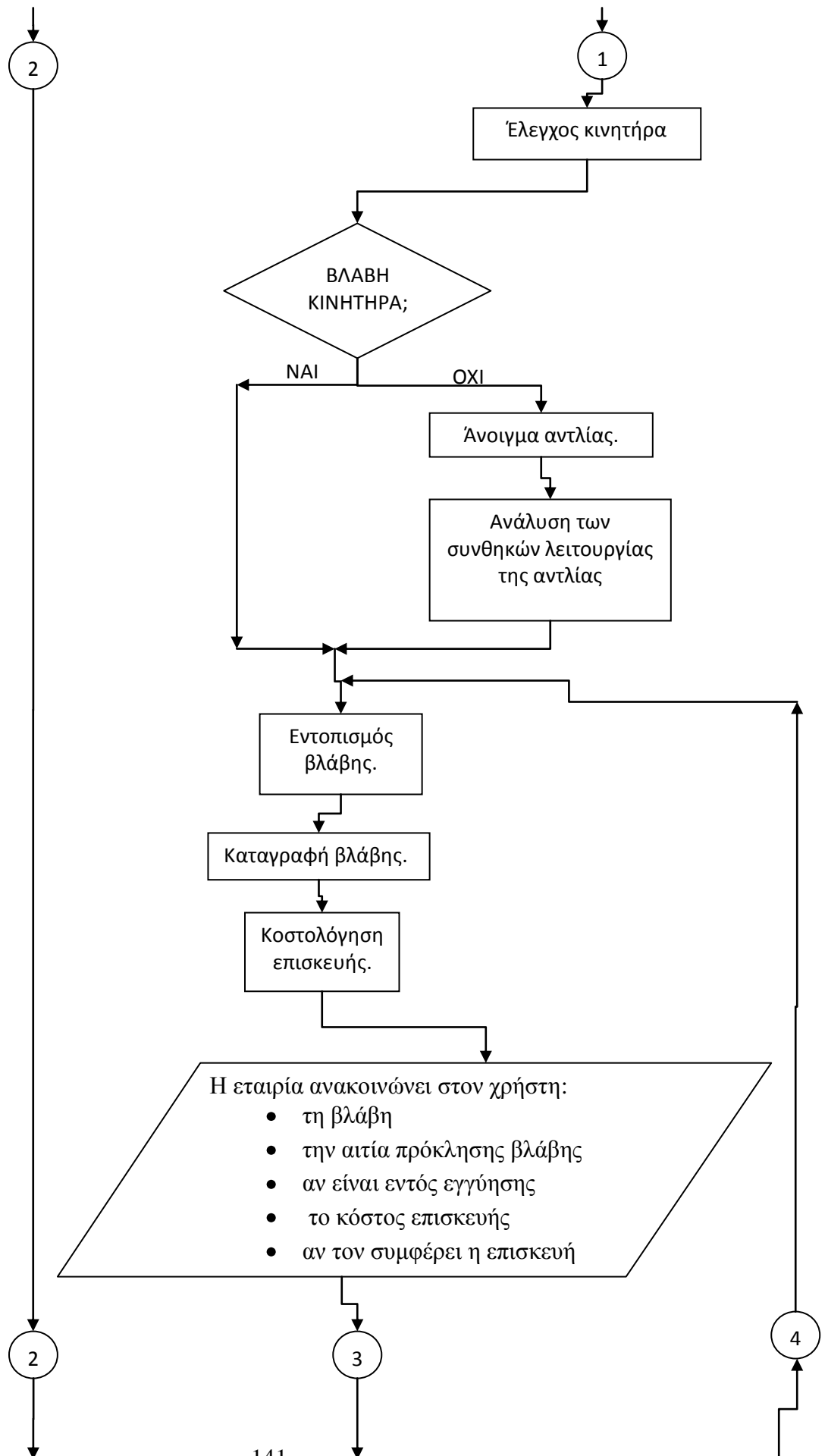
Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τη διαδικασία επιδιόρθωση βλάβης. Πρέπει να τονίσουμε ότι η παρακάτω διαδικασία είναι γενική και ανάλογα με τη εταιρία μπορούν να υπάρξουν είτε διαφοροποιήσεις που αφορούν τη ροή της διαδικασίας είτε παραλείψεις ορισμένων σταδίων.

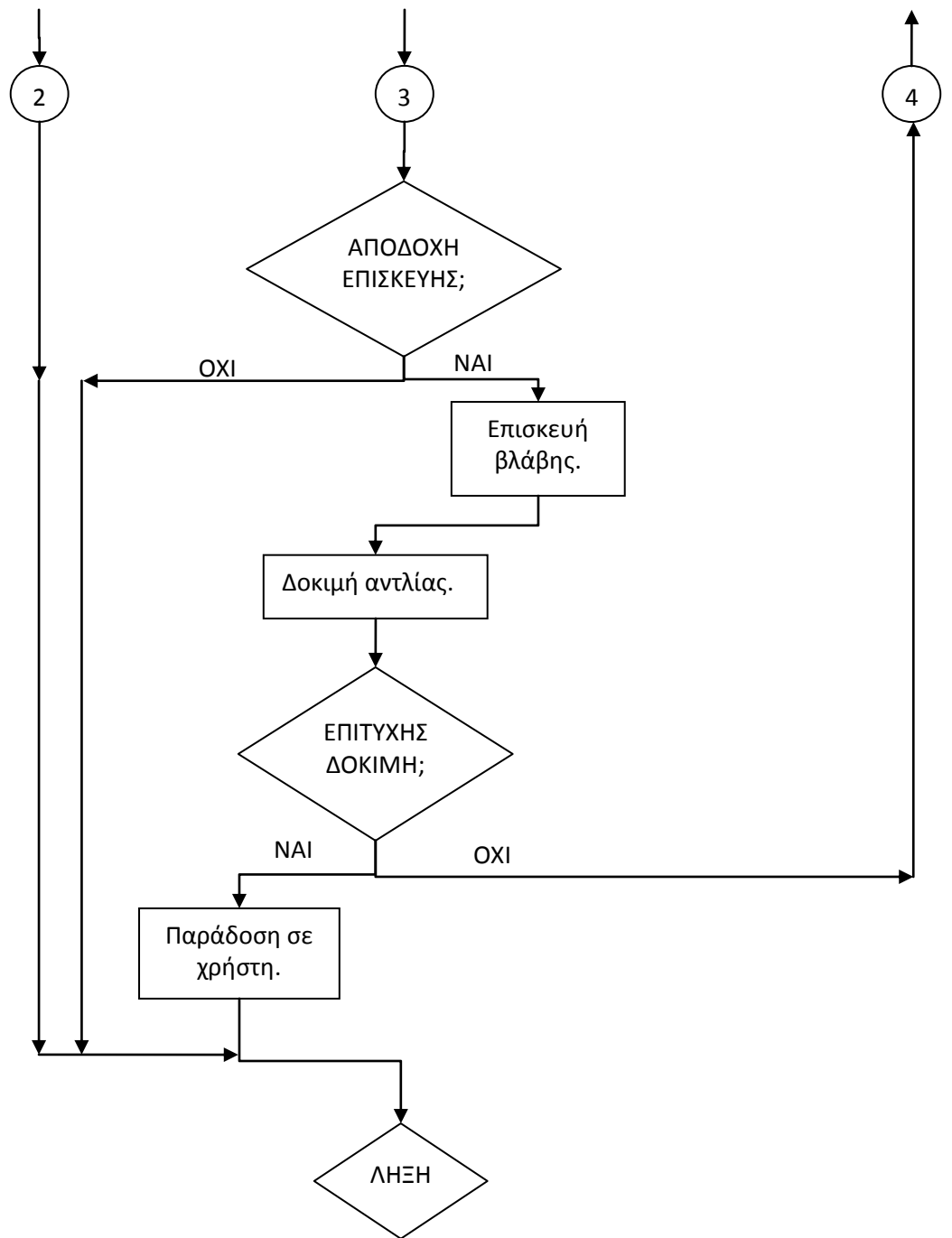
Όσο αφορά το επόμενο διάγραμμα, πρέπει να διασαφηνίσουμε τα εξής:

- Η αποδοχή μεταφοράς τοποθετήθηκε διότι ενώ στην εγγύηση αναφέρεται ότι το κόστος μεταφοράς για επισκευή αναλαμβάνεται από το χρήστη, σύμφωνα με τις κατασκευαστικές εταιρίες συχνά αποτελεί αιτία προστριβών με τους χρήστες.
- Η περίπτωση δοκιμής πριν το άνοιγμα της αντλίας και του κινητήρα, εφαρμόζεται από ορισμένες εταιρίες καθώς υπάρχει περίπτωση η αντλία να λειτουργεί και η μη λειτουργία του αντλητικού συγκροτήματος να οφείλεται στην υπόλοιπη αντλητική διάταξη, όπως λάθος τροφοδοσία (τάση, ρεύμα, συχνότητα), ελαττωματικά καλώδια, μη πλήρως ανοιχτή βάνα, φραγή σωληνώσεων, διαρροή σωληνώσεων, μεγάλο μανομετρικό ύψος. Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι κατασκευαστικές εταιρίες πριν προτείνουν μεταφορά της αντλίας, φροντίζουν να ενημερώσουν τους χρήστες για έλεγχο των παραπάνω.
- Ο έλεγχος του κινητήρα αφορά κυρίως υποβρύχιες αντλίες(γεωτρήσεων, λυμάτων), οι οποίες διαθέτουν υποβρύχιο κινητήρα και οι κατασκευαστικές εταιρίες αυτών διαθέτουν τεχνογνωσία της λειτουργίας τους.

- Κατά το άνοιγμα της αντλίας, διαπιστώνεται εκτός της φθοράς ή καταστροφής κάποιου εξαρτήματος και οι συνθήκες λειτουργίας της αντλίας (ποιότητα αντλούμενου υγρού), βάση εμπειρίας και γνώσης των κατασκευαστών, οπότε η διάγνωση της αιτίας της βλάβης και κατά συνέπεια η ανάθεση ευθύνης (εντός εγγύησης ή όχι) είναι δεδομένη. Τα αντίστοιχα ισχύουν και για την διάγνωση ενδεχόμενης βλάβης του κινητήρα.
- Η κατασκευαστική εταιρία συστήνει στο χρήστη αντικατάσταση της αντλίας και όχι επισκευή της, όταν η επισκευή κοστίζει περίπου πάνω από το 50% του κόστους κτήσης μίας αντίστοιχης καινούργιας αντλίας.







## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα παρατεθούν ορισμένα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από την έρευνα μας στις ελληνικές κατασκευαστικές βιομηχανίες φυγοκεντρικών αντλιών.

- Οι ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες καλύπτουν όλες τις κατηγορίες φυγοκεντρικών αντλιών οι οποίες μπορούν να ζητηθούν σε μία εφαρμογή. Η κάλυψη των απαιτούμενων εφαρμογών από τις κατασκευαστικές εταιρίες δεν αναφέρεται μόνο στην κατασκευή της απαιτούμενης αντλίας αλλά και στη πλήρη υποστήριξή της (επιλογή, εγκατάσταση, συντήρηση, επισκευή). Εν ολίγοις, όλες οι κατασκευαστικές εταιρίες φαίνεται ότι διαθέτουν πλήρη τεχνογνωσία των αντλιών που παράγουν, η οποία είναι ανεξάρτητη της παραγωγικότητας και του εύρους των κατηγοριών αντλιών.
- Οι φυγοκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούνται, στον τομέα της ναυτιλίας για ψύξη των μηχανών και για την πλήρωση-εκκένωση των δεξαμενών ευστάθειας των εμπορικών πλοίων, στον τομέα των κτιριακών εφαρμογών σε πυροσβεστικά συστήματα, πιεστικά συγκροτήματα, συστήματα κλιματισμού στον τομέα της βιομηχανίας για άντληση και διακίνηση υγρών, στον αγροτικό τομέα για άδρευση και ύδρευση, στον τομέα των οικιακών εφαρμογών για ύδρευση από πηγάδια ή δεξαμενές, στον τομέα των δήμων-κοινοτήτων για ύδρευση οικισμών ορεινών περιοχών. Επίσης, χρησιμοποιούνται για μεγάλα έργα υποδομής όπως ύδρευση πολεων, έργα αποστράγγισης, έλεγχος στάθμης ταμιευτήρων. Τέλος χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις άντλησης λυμάτων.
- Όσον αφορά το μέγεθος των ελληνικών κατασκευαστικών εταιριών, υπάρχουν εταιρίες μεγάλης παραγωγικότητας και μεγάλου εύρους κατηγοριών αντλιών, εταιρίες μεγάλης παραγωγικότητας και μικρού εύρους κατηγοριών αντλιών και εταιρίες μικρής παραγωγικότητας και μικρού εύρους κατηγοριών αντλιών. Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν το εύρος κατηγοριών καθώς και την παραγωγικότητα των αντλιών που κατασκευάζονται από μία εταιρία είναι η τεχνογνωσία, το πελατολόγιο, η οικονομική δυνατότητα επένδυσης και ο κίνδυνος επένδυσης.
- Οι μεγάλες ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες δεν απευθύνονται μόνο στην εγχώρια αλλά και στην διεθνή αγορά. Το ποσοστό παραγόμενων ελληνικών αντλιών που απευθύνεται στην διεθνή αγορά αγγίζει περίπου το 30%. Επίσης, οι ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες έχουν την υποδομή και αναλαμβάνουν τα περισσότερα μεγάλα έργα υποδομής. Τα δύο αυτά συμπεράσματα αποδεικνύουν την τεχνογνωσία που διαθέτουν οι κατασκευαστικές εταιρίες και την υψηλή ποιότητα των προϊόντων τους.
- Όσον αφορά τα ποσοστά παραγωγής των φυγοκεντρικών αντλιών, τη μεγαλύτερη ποσότητα παραγωγής αποτελούν οι μονοβάθμιες αντλίες επιφανείας (περίπου το 22%). Το ποσοστό παραγωγής των υποβρύχιων αντλιών γεωτρήσεων είναι περίπου 15%, των πολυβάθμιων αντλιών επιφανείας 14%, των υποβρύχιων αντλιών λυμάτων 14%, των στροβιλοφόρων 12%, των αντλιών αξονικής και μικτής ροής 12%, ενώ των κυκλοφορητών 10%.



- Σημαντική απειλή για τις ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες αποτελεί ο ανταγωνισμός εισαγόμενων αντλιών από κατασκευαστικές εταιρίες του εξωτερικού, οι οποίες έχουν χαμηλότερο κόστος παραγωγής.
- Οι ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες αντλιών ενδιαφέρονται για την ποιότητα των προϊόντων τους. Για τον λόγο αυτόν πραγματοποιούν προληπτικούς ελέγχους 100% των ημιτέτοιμων προϊόντων κατά τη μετάβαση από ένα στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας σε επόμενο. Μετά τη ολοκλήρωση της παραγωγικής διαδικασίας μίας αντλίας ή ενός αντλητικού συγκροτήματος πραγματοποιείται δοκιμή, έτσι ώστε να διαπιστωθεί ότι η αντλία καλύπτει τις λειτουργικές απαιτήσεις και ότι δεν υπάρχουν κατασκευαστικά λάθη.
- Οι ελληνικές κατασκευαστικές εταιρίες ενδιαφέρονται για τη σωστή λειτουργία της αντλίας ή του αντλητικού συγκροτήματος που προμηθεύουν το πελάτη, διότι στην περίπτωση βλάβης η εταιρία δυσφημίζεται ακόμα και όταν ο μόνος υπεύθυνος της βλάβης είναι ο χρήστης. Για τον λόγο αυτό οι κατασκευαστικές εταιρίες λαμβάνουν ορισμένα μέτρα πρόληπτικής συντήρησης (επιλογή κατάλληλης αντλίας, οδηγίες χρήσης, προληπτικός έλεγχος, πρόταση ολοκληρωμένης εργασίας).
- Όσον αφορά τις πιθανές αιτίες οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν βλάβη σε μέρη του αντλητικού συγκροτήματος κύρια αιτία στον αγροτικό τομέα και στους ιδιώτες αποτελεί η κακοδιαχείριση των χρηστών, η οποία στους τομείς αυτούς αγγίζει το 90%. Αντίθετα στους τομείς της ναυτιλίας, της βιομηχανίας και των ειδικών εφαρμογών το ποσοστό κακοδιαχείρισης καταλαμβάνει μόνο το 10%. Άλλες πιθανές αιτίες βλαβών είναι η κακή τροφοδότηση από το δίκτυο, η υπέρβαση της διάρκειας ζωής των εξαρτημάτων, τα φυσικά φαινόμενα, η λάθος επιλογή αντλίας, η κακή εγκατάσταση και η σπηλαιώση.
- Όσον αναφορά τις πιθανές βλάβες οι οποίες μπορεί να παρουσιαστούν σε ένα αντλητικό συγκρότημα, το μεγαλύτερο ποσοστό καταστροφής εμφανίζεται σε μηχανικούς στυπιοθλίπτες και σαλαμάστρες στα οποία δεν παρέχεται εγγύηση και το ποσοστό τους δεν μπορεί να διευκρινιστεί, διότι συνήθως η αντικατάσταση τους πραγματοποιείται από τους χρήστες. Αμέσως μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης βλάβης παρουσιάζουν τα ρουλεμάν, κουζινέτα, δακτύλιοι στεγανότητας και το ποσοστό εμφάνισης φθοράς τους αγγίζει το 45%, επειδή τα εξαρτήματα αυτά έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής και στην περίπτωση καταστροφής ή φθοράς ενός άλλου εξαρτήματος της αντλίας συνήθως έχει προηγηθεί ή έχει επέλθει φθορά των εξαρτημάτων αυτών. Το ποσοστό εμφάνισης βλάβης στον ηλεκτροκινητήρα είναι περίπου 30% και οφείλεται κυρίως σε κακή τροφοδότηση από το δίκτυο, κακή ψύξη του και κακοδιαχείριση του χρήστη. Αμέσως μεγαλύτερο ποσοστό βλαβών παρουσιάζει η φθορά της πτερωτής (περίπου 23%) λόγω μηχανικής, χημικής διάβρωσης ή σπηλαιώσης, ενώ μικρά ποσοστά βλάβης παρουσιάζονται στο κέλυφος (περίπου 1,5%) και το κόψιμο του άξονα( 0,5%).
- Όσον αφορά το μέλλον των ελληνικών βιομηχανιών αντλιών, έπειτα από επικοινωνία με τους ιδιοκτήτες των βιομηχανιών αυτών καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι ενδιαφέρονται να αναπτύξουν την παραγωγικότητα τους και να επεκταθούν σε μεγαλύτερο κατασκευαστικό εύρος κατηγοριών αντλιών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ακριτίδης Κ. (1985), “Αντλίες”, Εκδόσεις Γιαχούδη.
- Μαυρουδής Ι. (1984), “Αντλίες και σωληνώσεις”.
- Παπαδόπουλος Ε. (2000), “Ηλεκτρομηχανικά συστήματα μετατροπής ενέργειας”, εκδόσεις Θωμαΐδειου Κέντρου Εκδόσεων Ε.Μ.Π.
- Παπαντώνης Δ.Ε (2002), “Υδροδυναμικές μηχανές αντλίες-υδροστρόβιλοι”, εκδόσεις Συμεών.
- Παπαντώνης Δ.Ε, Αναγνωστόπουλος Ι.Σ, (2006), “Ασκήσεις υδροδυναμικών μηχανών”, εκδόσεις Συμεών.
- Φελώνης Γ. (2009), “Αντλία”, εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Ηλεκτρονική βιβλιογραφία
- <http://www.anavalos.gr/>, προσωπική επικοινωνία με τον κ. Ποτού Κώστα.
- <http://www.dppumps.gr/>, προσωπική επικοινωνία με τον κ. Παπουτσή Ιωάννη και τον κ. Γκουμίτσα Φώτη.
- <http://www.papantonatos.gr>, προσωπική επικοινωνία με τον κ. Παπαντωνάτο Ηλία.
- <http://www.roipumps.gr/>, προσωπική επικοινωνία με τον κ. Λιοφάγο Γιώργο.
- <http://www.foipoliti.gr>, προσωπική επικοινωνία με τον κ. Πολίτη Δημήτριο.