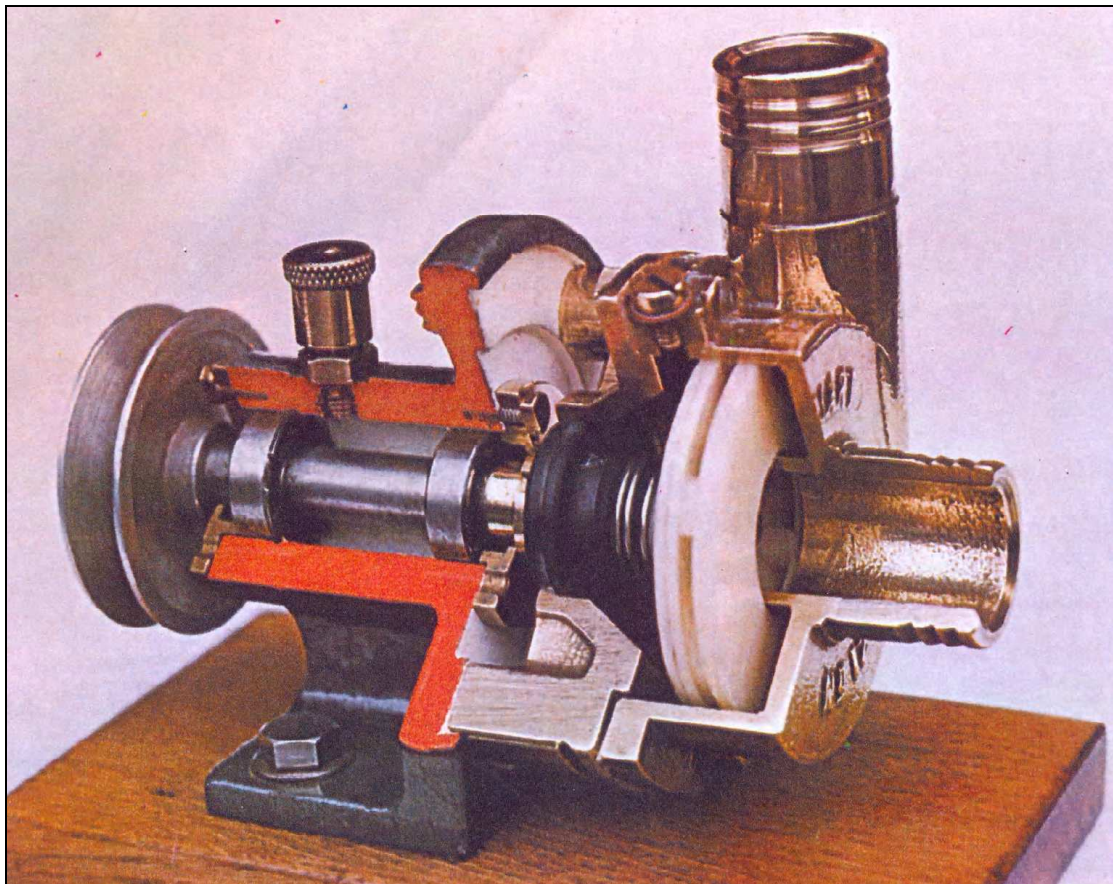


ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ ΣΤΕΦ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

## ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ



ΦΟΙΤΗΤΗΣ:  
ΡΑΝΟΥΤΣΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :  
ΚΟΥΡΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, 2010

## Περιεχόμενα

<b>Πρόλογος</b>	<b>2</b>
<b>1. Εισαγωγή</b>	<b>3</b>
<b>2. Υδροδυναμικές μηχανές</b>	<b>4</b>
<b>3. Κατηγορίες αντλιών</b>	<b>5</b>
<b>4. Υπολογισμοί αντλιών</b>	<b>37</b>
<b>5. Βλάβες αντλιών</b>	<b>50</b>
<b>6. Παράδειγμα μελέτης αντλητικού συγκροτήματος</b>	<b>53</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>66</b>
<b>Παραρτημα</b>	<b>67</b>

## Πρόλογος

Η αντλία είναι μια μηχανή, που χρησιμοποιείται για την ανύψωση ενός ρευστού από μία χαμηλότερη στάθμη σε μία υψηλότερη ή για τη μεταβίβαση ενέργειας στο ρευστό. Στην κατηγορία των ρευστών περιλαμβάνονται τα υγρά και τα αέρια, αν και υπάρχει ή λανθασμένη τάση με τον όρο ρευστά να υπονοούνται μόνο τα υγρά.

Στην αρχαία περίοδο, ή άρδευση των αγρών γινόταν με τη βοήθεια της βαρύτητας. Αυτό σημαίνει, ότι το αρδευτικά κανάλια βρίσκονταν σ' ένα χαμηλότερο επίπεδο από τη στάθμη της πηγής του νερού, που συνήθως ήταν ένας ποταμός. Όταν το νερό έπρεπε να οδηγηθεί για την άρδευση εκτάσεων σ' ένα μεγαλύτερο ύψους, ή να απομακρυνθεί από ένα όρυχείο, τότε ή μεταφορά γινόταν με τη βοήθεια κάδων. Μέ το πέρασμα του χρόνου, ανακαλύφθηκαν διάφορες μηχανές για την ελάττωση της χειρονακτικής εργασίας, αλλά τελικά αποδείχτηκαν ανεπαρκείς. Τέτοιου είδους μηχανές ήταν η ζυγοστάτη δοκός, που ήταν μια δοκός με αντίβαρο στο ένα άκρο της και ένα κάδο στο άλλο και η Sagiya (σακία), που αποτελούνταν από ένα μεγάλο τροχό με περιφερειακά τοποθετημένους κάδους.

Η πρώτη αναφορά σε αντλία εμφανίστηκε στο συγγράμματα των μελετητών του μουσείου της 'Αλεξάνδρειας και οφείλεται στην πυροσβεστική μηχανή του Κτησίβιου, ένα είδος αντλίας διπλής ενεργείας. Η πρώτη, όμως, γνωστή αντλία χρησιμοποιήθηκε στη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία μετά το 100 μ.Χ. Αυτή ήταν μια αντλία εκτοπίσεως, που αποτελούνταν από έναν κλειστό κύλινδρο με έμβολα και βαλβίδες εισροής και εκροής του νερού στα δύο άκρα του. Αυτή ονομάζεται, επίσης, και αντλία Bolsena (Μπολσένα), γιατί ένα σχεδόν άθικτο δείγμα της ανακαλύφθηκε στην Bolsena της Ιταλίας. Η σπουδαιότερη καινοτομία της ήταν ο συνδυασμός εμβόλου και βαλβίδων, ανακαλύψεις ήδη γνωστές σε άλλες τεχνολογίες της εποχής αυτής. Η αντλία έπρεπε να είναι κατασκευασμένη συγκεκριμένα από ορείχαλκο και αυτό την έκανε αντιοικονομική γιό τις περισσότερες χρήσεις. Στη σύγχρονη εποχή, όμως, οι αντλίες αποτελούν τις πιο συνηθισμένες μηχανές σε χρήση εκτός από τους Ηλεκτροκινητήρες.

## 1. Εισαγωγή

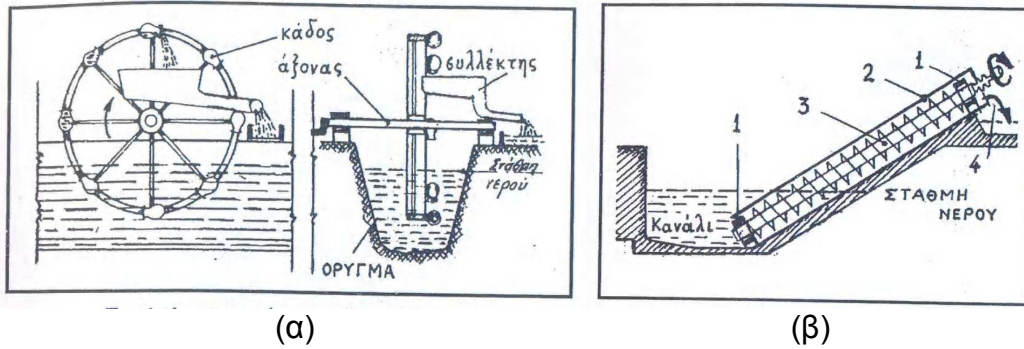
Η τροφοδοσία με νερό ήταν μία από τις βασικές ανάγκες κάθε κοινωνίας. Η ανάγκη για μεταφορά νερού οδήγησε στην κατασκευή χιλιάδων συσκευών που θα μπορούσαν να ονομαστούν αντλίες. Οι συσκευές αυτές κινούνταν με τη δύναμη του ανθρώπου, των ζώων ή του ανέμου.

Στην Αίγυπτο τον 17<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. χρησιμοποιούσαν αντλίες με ατέρμονη αλυσίδα που ανύψωναν το νερό από βάθος μέχρι 90 μέτρων. Στην αρχαία Ελλάδα τον 4<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ., την εποχή του Αριστοτέλη, υπήρχαν σε χρήση πρωτόγονες αντλίες. Παλινδρομικές αντλίες αναφέρεται ότι χρησιμοποιούσαν στην εποχή του Καίσαρα Αύγουστου.

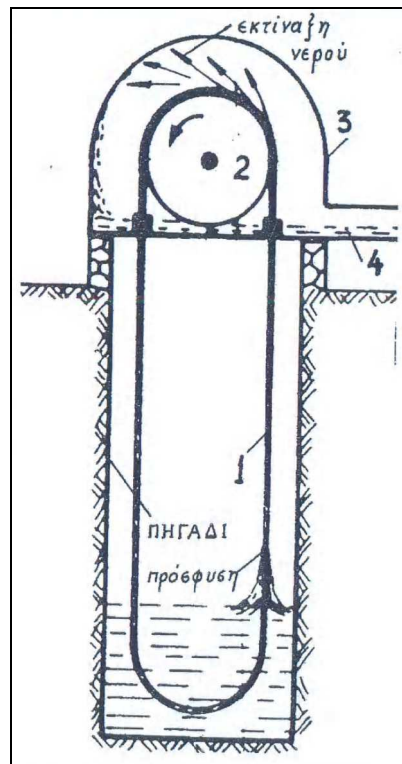
Γύρω στα 1712 ο Βρετανός Newcomen κατασκεύασε μια παλινδρομική αντλία για άντληση νερού από ένα ορυχείο. Η κίνηση μεταδιδόταν από ένα ατμοκύλινδρο με συμπύκνωση ατμού που χρησιμοποιούσε την ατμοσφαιρική πίεση για εξάσκηση της απαραίτητης δύναμης στον διωστήρα. Ήταν το πρώτο βήμα στη χρήση τού ατμού στη βιομηχανία.

Ο εφευρέτης της φυγόκεντρης αντλίας δεν μπορεί να καθορισθεί με βεβαιότητα. Κάποια σχέδια του Leonardo Da Vinci χρονολογούμενα από τον 15<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. δείχνουν, πώς η φυγόκεντρη δύναμη που δρα επάνω στο νερό που περιστρέφεται σε μια καμπύλη δίοδο μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να ανυψώσει το νερό σε κάποιο συγκεκριμένο ύψος. Η φυγόκεντρη αντλία μάλλον ανακαλύφθηκε από τον Ιταλό Jordan του οποίου το σχέδιο της φυγόκεντρης αντλίας έγινε στο τέλος του 17<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ. Άλλοι αναφέρουν σαν εφευρέτη της φυγόκεντρης αντλίας τον Γάλλο D. Papin, που το 1687 περιέγραψε ένα τύπο αντλίας με την ίδια αρχή λειτουργίας που έχουν οι σημερινές φυγόκεντρες αντλίες.

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό να δείξει σε πόσο πολυποίκιλες, εξελιγμένες, μικρές και μεγάλες αντλίες έχει φθάσει σήμερα η τεχνολογική πρόοδος στον τομέα των αντλιών και ιδιαίτερα της φυγόκεντρης αντλίας που θα μελετηθεί ιδιαίτερα. Τα σχήματα 1 και 2 δείχνουν ορισμένους παλαιούς τύπους «αντλιών» που χρησιμοποιούνται ίσως ακόμη και σήμερα σε κάποιες περιοχές. Αυτοί και άλλοι παραπλήσιοι τύποι αντλιών δε θα μας απασχολήσουν ιδιαίτερα γιατί παρουσιάζουν μάλλον μόνο ιστορικό ενδιαφέρον μια και είναι οι πρόγονοι των σημερινών αντλιών.



Σχ. 1 (α) Ανυψωτικός τροχός με κάδους και (β) Άντληση με ανοικτή έλικα  
 (1) έδρανα, (2) ημικυλινδρικός αγωγός, (3) έλικα, (4) εκροή νερού



- (1) ειδική αλυσίδα
- (2) τροχαλία
- (3) συλλέκτης
- (4) εκροή νερού

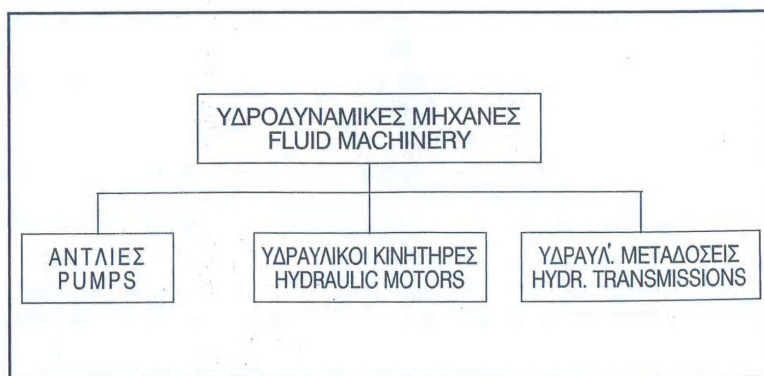
Σχ. 2 Άντληση με πρόσφυση σε ατέρμονη αλυσίδα.

## 2. Υδροδυναμικές μηχανές

Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για να μετακινούν υγρά και προσθέτουν ενέργεια σε αυτά ονομάζονται αντλίες. Μια αντλία σε λειτουργία μετατρέπει τη διαθέσιμη μηχανική ενέργεια του κινητήρα σε δυναμική, κινητική και θερμική ενέργεια του υγρού που διακινεί.

Αντίθετα, οι μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια λέγονται υδραυλικοί κινητήρες. Υδραυλική μετάδοση κίνησης είναι μία αντλία και ένας υδραυλικός κινητήρας σε συνεργασία, που αποτελούν μία συσκευή. Οι αντλίες, οι υδραυλικοί κινητήρες και οι υδραυλικές μεταδόσεις είναι οι τρεις κατηγορίες των υδροδυναμικών μηχανών, όπως

δείχνει και το σχήμα 3. Στο παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε μόνο με τις αντλίες.



Σχ. 3 Κατηγορίες υδροδυναμικών μηχανών

### 3. Κατηγορίες Αντλιών

Η ποικιλία των μορφών που έχουν οι αντλίες σήμερα οφείλεται στην ανάγκη διαφορετικής σχεδίασης που καλείται κάθε φορά να καλύψει διαφορετικές συνθήκες εφαρμογής, όπως: τύπος υγρού, θερμοκρασία, πίεση, παροχή, θέση λειτουργίας, διαθέσιμη ενέργεια κλπ. Είναι όμως φανερό, ότι και ο ανταγωνισμός μεταξύ των διαφόρων κατασκευαστών αντλιών με ταυτόχρονη προσπάθεια μείωσης του κόστους συμβάλλει στη δημιουργία νέων μορφών και τύπων κατάλληλων για κάθε ειδική εφαρμογή.

Κάθε κατασκευαστής αντιμετωπίζει μια δεδομένη απαίτηση με λίγο διαφορετικό τρόπο από κάποιον ανταγωνιστή του και προβάλλει την υπεροχή του προϊόντος του. Έτσι δημιουργείται μια ατέλειωτη σειρά από νέους τύπους αντλιών. Σε αυτό συμβάλλει και η τεχνολογία των υλικών που δίνει συνεχώς βελτιωμένα υλικά και υποεξαρτήματα.

Όμως, ας δούμε πως μπορούμε να κατατάξουμε τις αντλίες σε κατηγορίες για ευκολότερη μελέτη τους. Η κατάταξη των αντλιών μπορεί να γίνει με βάση:

- α) Την αρχή λειτουργίας τους
- β) Τη μορφή τους (κατασκευαστικές λεπτομέρειες)
- γ) Τον αριθμό των βαθμιδών τους
- δ) Τη δυνατότητα αυτόματης αναρρόφησης
- ε) Τον τρόπο εγκατάστασης
- ζ) Τον τρόπο κίνησης
- η) Το είδος του αντλούμενου υγρού
- θ) Τη συγκεκριμένη χρήση τους

Για κάθε κατάταξη αντλιών σύμφωνα με τους παραπάνω τρόπους προκύπτουν διάφορες υποκατηγορίες όταν συνδυασθούν δύο ή και περισσότεροι τρόποι κατάταξης. Με αυτό τον τρόπο μία αντλία χαρακτηρίζεται με όλο και μεγαλύτερη λεπτομέρεια: π.χ. Αντλία φυγοκεντρική, μονής εισόδου/κλειστής πτερωτής, μονοβάθμια, όχι αυτόματης αναρρόφησης, κατακόρυφη/επιφανείας, ηλεκτροκίνητη, για θαλασσινό νερό, ψύξης. Οι χαρακτηρισμοί αυτοί προϋποθέτουν τη χρήση όλων των πιο πάνω τρόπων κατάταξης (α) έως (θ) όπως θα δούμε στις παραγράφους που ακολουθούν.

Πάντως ο θεμελιώδης τρόπος κατάταξης στον οποίο στηρίζονται όλοι οι άλλοι τρόποι είναι ο τρόπος που βασίζεται στην αρχή λειτουργίας.

Οι επόμενες ενότητες αναφέρονται στην κατάταξη και συνοπτική περιγραφή των διαφόρων τύπων αντλιών με βάση τους πια πάνω τρόπους.

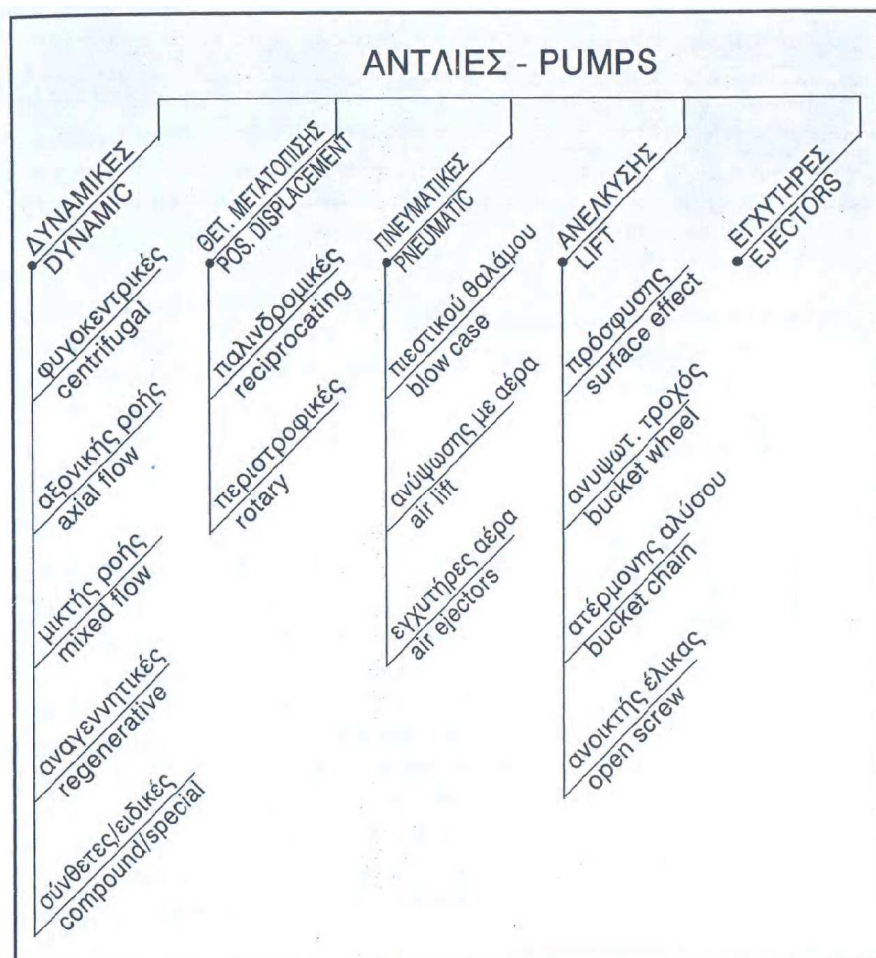
### 3.1 Κατάταξη με βάση την αρχή λειτουργίας

Η κατάταξη αυτή φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα 4.

#### 3.1.1 Δυναμικές αντλίες

Η λειτουργία των δυναμικών αντλιών στηρίζεται στη μεταβολή της κινητικής κατάστασης του υγρού και τη μετατροπή της κινητικής του ενέργειας σε στατική πίεση. Οι αντλίες αυτές έχουν μεγάλη διάδοση για τους παρακάτω λόγους:

- α) Έχουν καλή απόδοση μικρό όγκο και βάρος και συνδέονται εύκολα με διάφορους τύπους κινητήρων.
- β) Έχουν συνεχή και ομοιόμορφη κίνηση (περιστροφική).
- γ) Η πίεση και η παροχή τους δεν παρουσιάζει περιοδική διακύμανση.
- δ) Έχουν διάφορες δυνατότητες ρύθμισης της παροχής τους.
- ε) Το κόστος αγοράς και λειτουργίας τους είναι χαμηλό.
- ζ) Παρουσιάζουν ασφάλεια λειτουργίας γιατί έχουν μικρό αριθμό κινουμένων στοιχείων.



Σχ. 4 Κατάταξη αντλιών με βάση την αρχή λειτουργίας τους.

### 3.1.1.1 Φυγοκεντρικές αντλίες

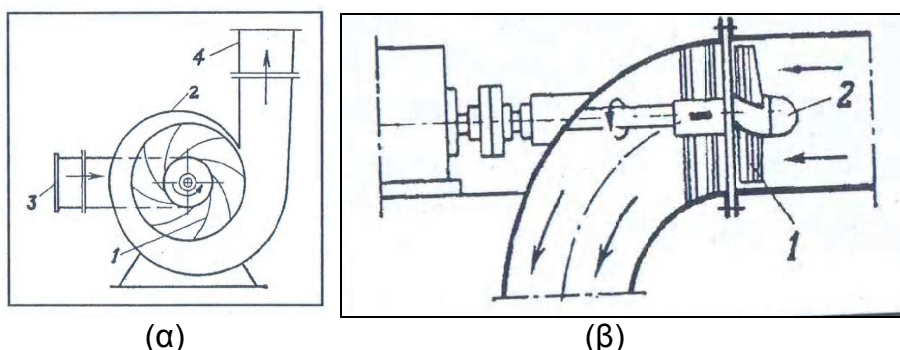
Το σχήμα 5α ό παρουσιάζει σχηματικά μια φυγοκεντρική αντλία. Η πτερωτή (1) φέρει πτερύγια και περικλείεται μέσα σ ένα περίβλημα (κέλυφος) (2). Καθώς η πτερωτή περιστρέφεται από τον κινητήρα, το υγρό μετακινείται από τη φυγόκεντρη δύναμη από το κέντρο προς την περιφέρεια και εκτινάσσεται στο σπειροειδές περίβλημα για να οδηγηθεί στη συνέχεια στον σωλήνα κατάθλιψης (4). Επειδή τα υγρό μετακινείται από το κέντρο της πτερωτής προς την περιφέρεια, η πίεση στο Κέντρο ελαττώνεται. Νέα ποσότητα υγρού κινείται μέσα από τον σωλήνα αναρρόφησης (3) προς το σημείο χαμηλής πίεσης δηλαδή το κέντρο της πτερωτής. Έτσι δημιουργείται μια σταθερή ροή από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη της αντλίας.

Το σπειροειδές κέλυφος έχει μια σταθερά αυξανόμενη διατομή, έτσι ώστε καθώς το υγρό προχωρεί κατά μήκος του σπειροειδούς αγωγού η ταχύτητά του να ελαττώνεται και αφού σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, η ενέργεια του υγρού δεν χάνεται, η ελάττωση της κινητικής του ενέργειας συνεπάγεται αύξηση της δυναμικής του ενέργειας (ενέργεια πίεσης), δηλαδή έχουμε αύξηση της πίεσης του υγρού.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες ονομάζονται μονοβάθμιες όταν έχουν μόνο μία πτερωτή, διβάθμιες όταν έχουν δύο πτερωτές κοκ. Υπάρχουν αντλίες που έχουν 30 ή και περισσότερες βαθμίδες σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Στις πολυβάθμιες αντλίες το υγρό ρέει διαδοχικά μέσα από τις βαθμίδες. Κάθε πτερωτή στη σειρά αυξάνει την πίεση του υγρού στην κατάθλιψη της αντλίας.

### 3.1.1.2 Αντλίες αξονικής ροής

Στο σχήμα 5β φαίνεται σχηματικά μία αντλία αξονικής ροής. Τα πτερύγια της πτερωτής (1) είναι στερεωμένα στην πλήμνη (2) υπό γωνία ως προς το επίπεδο που περνάει από τον κεντρικό άξονα. Τα περιστρεφόμενα πτερύγια εξασκούν ώθηση στο υγρά που κινείται αξονικά, δηλαδή κατά μήκος του άξονα της αντλίας. Επειδή η πτερωτή έχει σχήμα έλικας οι αντλίες αυτές ονομάζονται και ελικοφόρες



Σχ. 5 (α) Διάταξη φυγοκεντρικής αντλίας και (β) Αντλία αξονικής ροής

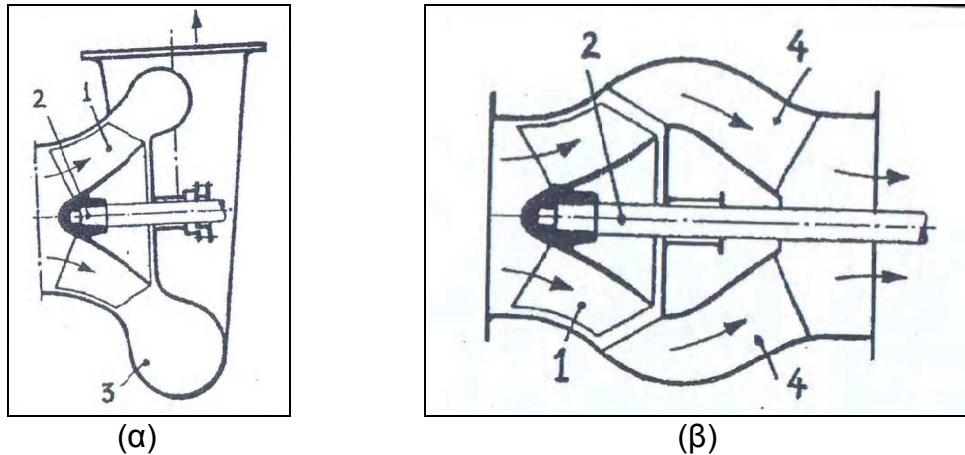
### 3.1.1.3 Αντλίες μικτής ροής

Η μορφή (και η λειτουργία) αυτών των αντλιών είναι ενδιάμεση ανάμεσα στις φυγοκεντρικές και τις αντλίες αξονικής ροής (βλ. σχήμα 6). Σ αυτές η αύξηση



της πίεσης του υγρού δημιουργείται κατά ένα μέρος από τη φυγόκεντρη δύναμη και κατά το άλλο μέρος από την ώθηση των πτερυγίων (1). Τα πτερύγια είναι τοποθετημένα υπό γωνία ως προς τον άξονα περιστροφής (2). Το υγρό εισέρχεται αξονικά και εξέρχεται από πτερωτή ταυτόχρονα αξονικά και ακτινικά.

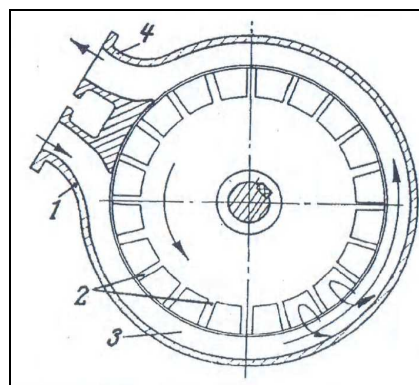
Όταν η έξοδος του υγρού από την αντλία γίνεται αξονικά μέσα από κατάλληλα σταθερά πτερύγια (4) η αντλία λέγεται διαγώνια (σχ. 8β). Όταν υπάρχει σπειροειδές κέλυφος (3) όπως στις φυγόκεντρες αντλίες και η έξοδος του υγρού από την αντλία γίνεται ακτινικά, η αντλία λέγεται ελικοειδής (σχ. 8α).



Σχ. 6 Αντλία μικτής ροής, α) ελικοειδής και β) διαγώνια

#### 3.1.1.4 Αντλίες αναγεννητικές ή στροβιλαντλίες ή περιφερικές (peripheral) ή δινραντλίες (vortex pumps)

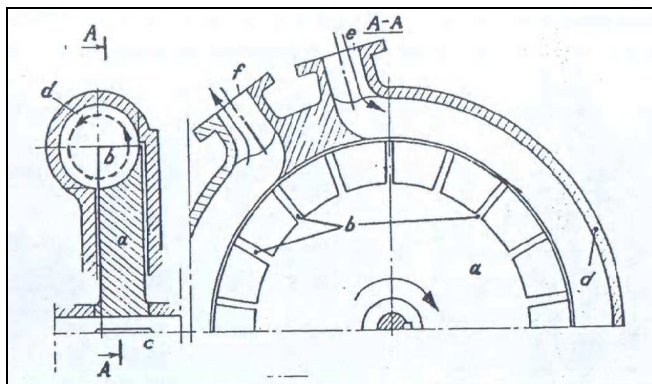
Σχηματικά μια τέτοια αντλία φαίνεται στο σχήμα 7. Το υγρό εισέρχεται από το στόμιο (1) και έρχεται στην περιφέρεια μιας πτερωτής με ειδικά πτερύγια (2). Με την περιστροφή της πτερωτής προστίθεται ενέργεια στο υγρό καθώς αυτό κινείται όπως δείχνουν τα βέλη μέσα στο δακτυλιοειδές περίβλημα (3) προς το στόμιο εξόδου (4).



Σχ. 7 Αναγεννητική αντλία (στροβιλαντλία)

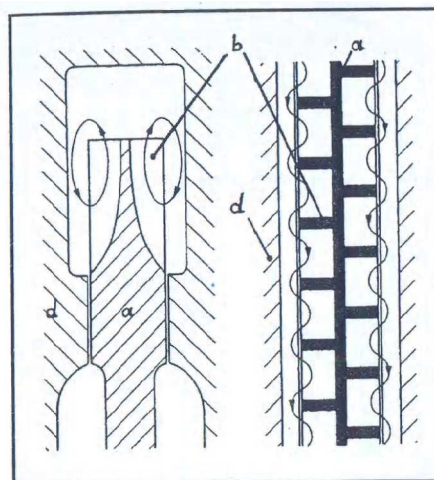
Χαρακτηριστικό των στροβιλαντλιών είναι ότι το υγρό κινείται συνεχώς από την περιφέρεια της πτερωτής προς το περίβλημα και από το περίβλημα προς την περιφέρεια της πτερωτής. Αυτό φαίνεται καλύτερα στο σχ. 8 που δείχνει και μια τομή της αντλίας κάθετη προς το επίπεδο της πτερωτής. Το υγρό διαγράφει ταυτόχρονα δύο περιστροφικές κινήσεις: την κίνηση  $b \leftrightarrow d$  από

και προς τα πτερύγια της πτερωτής και την κίνηση  $e \rightarrow f$  κατά μήκος του δακτυλιοειδούς κελύφους από την είσοδο προς την έξοδο της αντλίας. Το σχ. 9 δείχνει την κίνηση του υγρού σε στροβιλαντλία με συμμετρική πτερωτή, με πτερύγια και από τις δύο πλευρές.



- α. πτερωτή
- β. πτερύγια
- γ. άξονας
- δ. περίβλημα
- ε. είσοδος
- φ έξοδος

**Σχ. 8** Στροβιλαντλία σε τομή.



- α. πτερωτή
- β. πτερύγια
- γ. περίβλημα

**Σχ. 9** Κίνηση υγρού σε συμμετρική στροβιλαντλία.

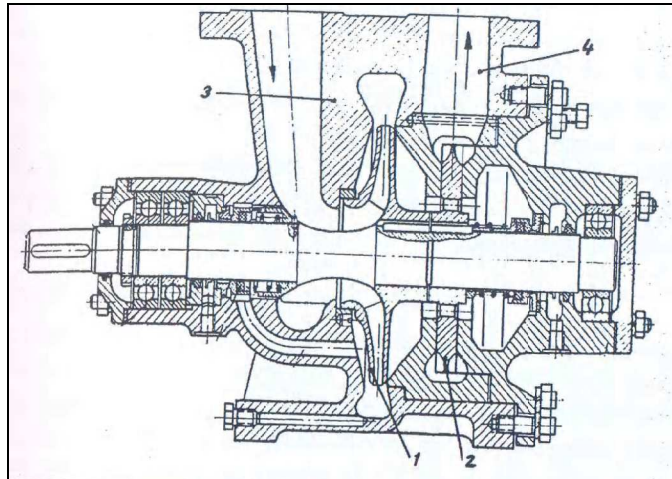
### 3.1.1.5 Αντλίες σύνθετες και ειδικές

Οι σύνθετες αντλίες αποτελούν συνδυασμό δύο τύπων δυναμικών αντλιών σε μία αντλία, για να επιτευχθούν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα. Ένα παράδειγμα φαίνεται στο σχήμα 10 που δείχνει μια σύνθετη αντλία που είναι συνδυασμός φυγοκεντρικής και αναγεννητικής αντλίας. Το υγρό ρέει από την είσοδο του κελύφους (3) προς τη φυγοκεντρική πτερωτή (1) όπως δείχνει το βέλος. Εξερχόμενο από τη φυγοκεντρική πτερωτή οδηγείται μέσα από κοχλιοειδή αγωγό του κελύφους στην αναρρόφηση της αναγεννητικής πτερωτής (2) και στη συνέχεια καταθλίβεται μέσα από το στόμιο εξόδου (4).

### 3.1.2 Αντλίες θετικής μετατόπισης

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία είναι οι αντλίες θετικής μετατόπισης. Οι αντλίες αυτές παραλαμβάνουν το υγρό από τον σωλήνα αναρρόφησης και το μετατοπίζουν το εκτοπίζουν προς τον σωλήνα κατάθλιψης με κάποιο

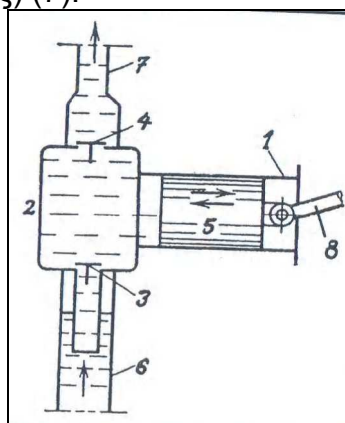
κινούμενο στερεό σώμα (έμβολο, σύρτη, οδόντωση, διάφραγμα κλπ.), που κινείται μέσα σε ειδικό περίβλημα. Το υγρό εξαναγκάζεται να μετατοπιστεί ανεξάρτητα από την υδραυλική αντίσταση των σωλήνων μεταφοράς του. Γι' αυτό και οι αντλίες της κατηγορίας αυτής ονομάζονται θετικής μετατόπισης. Διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους: Τις παλινδρομικές και περιστροφικές ανάλογα με το είδος της κίνησης του κινούμενου στοιχείου.



Σχ. 10 Σύνθετη Φυγοκεντρική – αναγεννητική αντλία

### 3.1.2.1 Παλινδρομικές αντλίες

Στο σχήμα 11 φαίνεται η βασική σχεδίαση μιας παλινδρομικής αντλίας. Ο κύλινδρος (1) συνδέεται με τον βαλβιδοθάλαμο (2) στον οποίο υπάρχει η βαλβίδα εισαγωγής (3) και η βαλβίδα εξαγωγής (4). Καθώς το έμβολο (5) Κινείται προς τα δεξιά μέσα στον κύλινδρο, κλείνει η βαλβίδα κατάθλιψης (4) και ο θάλαμος (2) γεμίζει με υγρά μέσα από την ανοιχτή βαλβίδα αναρρόφησης (3). Όταν το έμβολο κινείται προς τα αριστερά κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης ανοίγει η βαλβίδα κατάθλιψης και το υγρό εκτοπίζεται προς το στόμιο εξόδου (κατάθλιψης) (7).



Σχ. 11 Παλινδρομική αντλία (σχηματικά)

Το έμβολο κινείται παλινδρομικά από τον διωστήρα (8), που παίρνει κίνηση από τον κινητήρα μέσω στροφάλου. Στις αντλίες αυτές η ταχύτητα του εμβόλου περιορίζεται από την αδράνεια και γι' αυτό δεν μπορούν να συνδεθούν άμεσα με ταχύστροφους ηλεκτροκινητήρες. Επίσης η παροχή τους

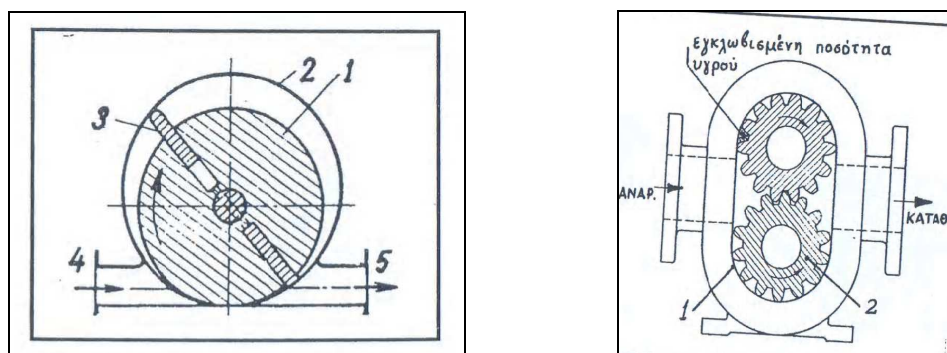
παρουσιάζει διακυμάνσεις λόγω της περιοδικής κίνησης του εμβόλου. Αντίθετα, οι περιστροφικές αντλίες μετατόπισης δεν έχουν αυτά τα μειονεκτήματα.

### 3.1.2.2 Περιστροφικές αντλίες μετατόπισης

Οι περιστροφικές αντλίες μετατόπισης είναι μια πολύ σημαντική κατηγορία αντλιών με πάμπολλες εφαρμογές στη βιομηχανία. Το ευρύτερο πεδίο εφαρμογών τους εκτείνεται σε κάθε είδους καθαρό υγρό που έχει κάποια λιπαντική ικανότητα και επαρκές ιξώδες για να αποφευχθεί η υπερβολική διαρροή μέσα από τα διάκενα στην απαιτούμενη πίεση. Γενικά χρησιμοποιούνται για μικρές παροχές και μέσες πιέσεις. Είναι ελαφρές και μικρού όγκου και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία τύπων.

Η αντλία με ολισθαίνοντες σύρτες (σχήμα 12α) είναι ένας αντιπροσωπευτικός τύπος αυτής της κατηγορίας. Ο συμπαγής ρότορας (1) με ακτινικές εγκοπές σταθερού πλάτους έχει μια έκκεντρη τοποθέτηση μέσα στο κέλυφος (2). Ο άξονας του ρότορα (1) βγαίνει έξω από το κέλυφος μέσα από στυπιοθλίπτη και συνδέεται με τον άξονα του κινητήρα. Οι εγκοπές του ρότορα (1) φέρουν ορθογωνικούς σύρτες (3) που ωθούνται από το κέντρο προς την περιφέρεια από τη φυγόκεντρη δύναμη. Καθώς ο ρότορας (1) περιστρέφεται, οι σύρτες (3) αναρροφούν υγρό από το στόμιο εισόδου (4) και το καταθλίβουν μέσα από το στόμιο εξόδου (5). Η αναρρόφηση επιτυγχάνεται γιατί ο όγκος του θαλάμου που βρίσκεται προς την πλευρά της αναρρόφησης αυξάνεται και γεμίζει με το υγρό. Αντίθετα ο όγκος αυτός μικραίνει όσο ο σύρτης (3) προχωρεί προς την πλευρά της κατάθλιψης αυξάνοντας την πίεση του υγρού.

Ένας άλλος εξίσου αντιπροσωπευτικός τύπος των περιστροφικών αντλιών είναι η γριναζωτή αντλία (σχήμα 12β). Το διάκενο μεταξύ του ωοειδούς περιβλήματος (1) και των γριναζιών (2) είναι πολύ μικρό. Η κίνηση δίνεται στο ένα γριναζί ενώ το άλλο παρασύρεται από το Πρώτο. Το υγρό εγκλωβίζεται ανάμεσα στο περίβλημα και τα κενά των δοντιών και μετατοπίζεται προς την Κατάθλιψη. Τα δόντια που βρίσκονται συνεχώς σε επαφή εξασφαλίζουν τη στεγανότητα ανάμεσα στην αναρρόφηση και την κατάθλιψη.



Σχ. 12 (α) Περιστροφική αντλία με σύρτες (σχηματικά), και (β) Γριναζωτή αντλία

### 3.1.3 Πνευματικές αντλίες

Η τρίτη κατηγορία αντλιών σύμφωνα με βάση την αρχή λειτουργίας είναι οι πνευματικές αντλίες. Ορίζουμε σαν πνευματικές αντλίες, τις αντλίες στις οποίες η ενέργεια μεταδίδεται στο υγρό από αέρα (ή κάποιο άλλο αέριο) που έρχεται σε άμεση επαφή με το υγρό. Διακρίνονται σε 3 κατηγορίες: 1) Πιεστικού θαλάμου 2) ανύψωσης με αέρα 3) εγχυτήρες αερίου.

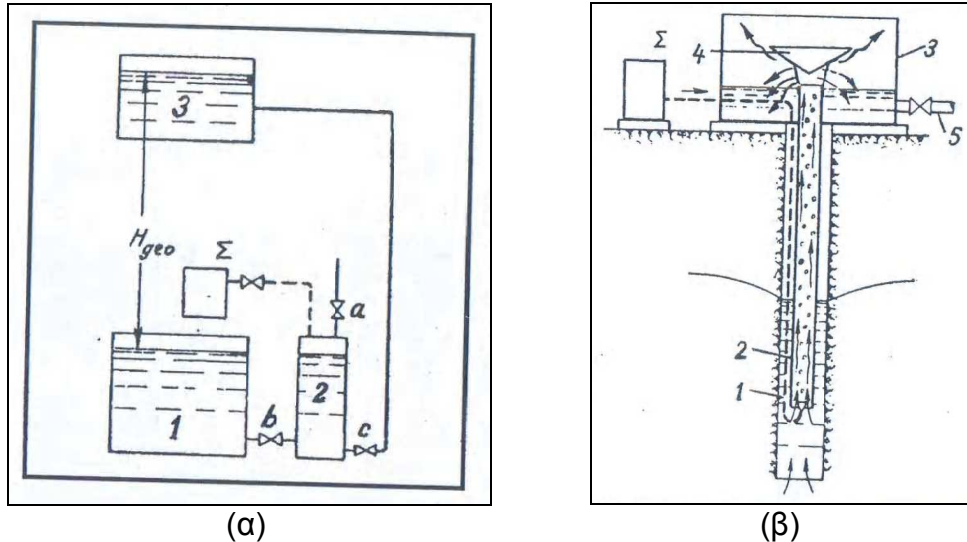
### 3.1.3.1 Αντλίες πιεστικού θαλάμου

Στο σχήμα 13α φαίνεται σχηματικά μια τέτοια αντλία. Από τη δεξαμενή (1) το υγρό ανυψώνεται στη δεξαμενή (3) σε ύψος  $H_{geo}$  με τη χρήση του αεροσυμπιεστή (Σ) και του πιεστικού θαλάμου (2). Με τον αεροσυμπιεστή κλειστό και τις βαλβίδες (α) και (β) ανοικτές ο πιεστικός θάλαμος γεμίζει με υγρό από τη δεξαμενή (1). Οι βαλβίδες κλείνονται κατόπιν και ξεκινά ο αεροσυμπιεστής. Η πίεση του αέρα που εξασκείται στην επιφάνεια του υγρού μέσα στον πιεστικό θάλαμο το καταθλίβει μέσα από την ανοιχτή βαλβίδα (ο) στη δεξαμενή (3). Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται περιοδικά και μπορεί να αυτοματοποιηθεί.

### 3.1.3.2 Αντλίες ανύψωσης με αέρα

Σχηματική παράσταση μιας αντλητικής εγκατάστασης ανύψωσης με αέρα φαίνεται στο σχήμα 13β. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται για την άντληση νερού ή πετρελαίου από γεωτρήσεις μικρού βάθους, θερμών υπόγειων νερών, ανύψωση διαβρωτικών υγρών ή υγρών που περιέχουν άμμο κ.ά. Το μεγαλύτερο ίσως μειονέκτημα των αντλιών ανύψωσης με αέρα είναι ο μικρός βαθμός απόδοσης ( $\eta=0,26-0,35$ ). Στη γεώτρηση του σχήματος 22 ο σωλήνας ανύψωσης νερού (2) είναι κατεβασμένος μέσα στον εξωτερικό σωλήνα (1). Αέρας από τον αεροσυμπιεστή (Σ) φθάνει με πίεση στο κάτω άκρο του σωλήνα (1) μέσα από τον σωλήνα αέρα που φαίνεται με διακεκομμένη γραμμή.

Μέσα από ειδικά διαμορφωμένο στόμιο αναμιγνύεται με το νερό και σχηματίζει ένα μίγμα νερού - αέρα μέσα στο σωλήνα ανύψωσης (2). Το μίγμα αυτό έχει μικρότερο ειδικό βάρος από το νερό που βρίσκεται εξωτερικά του σωλήνα (2). Λόγω της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων η στήλη του μίγματος ανυψώνεται. Ο σωλήνας (2) βυθίζεται σε τέτοιο βάθος κάτω από τη στάθμη του νερού, ώστε η στήλη του μίγματος να ανυψώνεται λίγο πιο πάνω από το άνω άκρο του σωλήνα (2). Καθώς το μίγμα χτυπά πάνω στον κώνο (4) διαχωρίζεται ο αέρας από το νερό και το νερό συγκεντρώνεται στον συλλέκτη (3) απ' όπου ρέει προς τον σωλήνα (5).



Σχ. 13 (α) Σχηματική λειτουργία πιεστικού θαλάμου και (β) Σχηματική διάταξη άντλησης με ανύψωση αέρα

### 3.1.3.3 Εγχυτήρες αερίου (αέρα)

Οι εγχυτήρες αερίου είναι εγχυτήρες (τζιφάρια), στους οποίους το κινητήριο ρευστό είναι αέριο, συνήθως αέρας ή υδρατμός. Για τους εγχυτήρες θα μιλήσουμε παρακάτω.

### 3.1.4 Αντλίες ανέλκυσης

Οι αντλίες της κατηγορίας αυτής παρουσιάζουν μάλλον μόνο ιστορικό ενδιαφέρον γιατί χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στο παρελθόν για αρδεύσεις. Δεν αναπτύσσουν πίεση στο υγρό, απλώς το ανυψώνουν σαν ανελκυστήρας από μια χαμηλή σε μια ψηλότερη στάθμη. Οι κυριότεροι τύποι τους είναι:

α) ο ανυψωτικός τροχός με κάδους: Είναι τροχός μεγάλης διαμέτρου στην περιφέρεια του οποίου είναι τοποθετημένη μία σειρά δοχείων (σχήμα 1α).

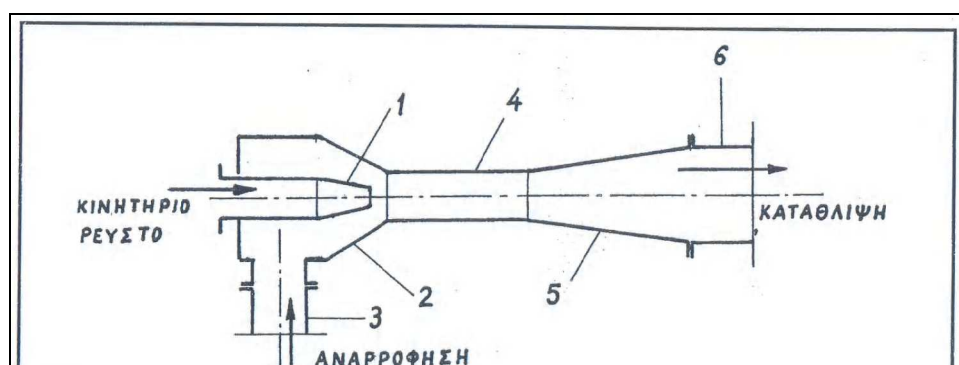
β) Η ατέρμονη αλυσίδα με κάδους: Αν τα δοχεία του προηγούμενου τύπου προσαρμοσθούν σε ατέρμονη αλυσίδα που παίρνει κίνηση από τον τροχό, τότε η άντληση μπορεί να γίνει από πολύ μεγαλύτερο βάθος.

γ) Η ατέρμονη αλυσίδα πρόσφυσης: Στο σχ. 2 η ατέρμονη αλυσίδα (1) είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να παρουσιάζει μεγάλη επιφάνεια επαφής με το νερό και μικρές αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων της. Κρεμιέται μέσα στο νερό του πηγαδιού και κινείται με σημαντική ταχύτητα από την τροχαλία (2). Το νερό που προσκολλάται πάνω στην αλυσίδα από τις δυνάμεις συνάφειας ανεβαίνει μέχρι την τροχαλία και εκτινάσσεται από τη φυγόκεντρη δύναμη μέσα στον συλλέκτη (3) απ' όπου και εκρέει.

4) Η ανοικτή έλικα: (σχήμα 1β) Είναι μια έλικα τοποθετημένη μέσα σε ημικυλινδρικό αγωγό που περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της σε κεκλιμένη θέση. Η κλίση μπορεί να φθάσει μέχρι 45° το πολύ. Το ένα άκρο της μαζί με τον ημικυλινδρικό αγωγό είναι βυθισμένο στο νερό. Με την περιστροφή της έλικας το νερό ανεβαίνει και εκρέει από το άλλο άκρο της. Χρησιμοποιείται για πολύ μικρές ανυψώσεις.

### 3.1.5 Έγχυτήρες (τζιφάρια)

Την πέμπτη και τελευταία κατηγορία αντλιών με βάση την κατάταξη του σχήματος 4 αποτελούν οι εγχυτήρες (σχήμα 14). Στους εγχυτήρες η ενέργεια μεταδίδεται από ένα ρευστό (υγρό ή αέριο) που λέγεται κινητήριο ρευστό σε ένα άλλο ρευστό, το αντλούμενο ρευστό, που κατά τη λειτουργία του εγχυτήρα αναμιγνύεται με το κινητήριο. Αν το κινητήριο ρευστό είναι αέριο (π.χ. αέρας ή ατμός) ο εγχυτήρας λέγεται εγχυτήρας αερίου. Επειδή εξ ορισμού οι αντλίες είναι διακινητές υγρών, για να ονομασθεί ένας εγχυτήρας «αντλία» πρέπει το αντλούμενο ρευστό να είναι υγρό. Επειδή στους εγχυτήρες υγρού—υγρού η ανάμιξη κινητηρίου και αντλούμενου υγρού δεν πρέπει να αποτελεί πρόβλημα, συνήθως αυτά συμπίπτουν π.χ. το κινητήριο και το αντλούμενο υγρό είναι νερό.



Σχ. 14 Εγχυτήρας

### 3.2 Κατάταξη αντλιών με βάση τη μορφή τους

Ο δεύτερος τρόπος κατάταξης αντλιών όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου βασίζεται στις λεπτομέρειες της κατασκευής των διαφόρων κατηγοριών αντλιών του σχήματος 4. Στην ουσία η κατάταξη αυτή είναι μια παραπέρα υποδιαίρεση των βασικών κατηγοριών αντλιών του σχ. 4, με αφητηρία την ειδική σχεδίαση κάθε τύπου. Η ανάπτυξη και περιγραφή που έγινε στην Προηγούμενη ενότητα για τις τρεις τελευταίες κατηγορίες αντλιών του σχ. 4 δηλαδή τις πνευματικές, τις αντλίες ανέλκυσης και τους εγχυτήρες θεωρείται αρκετή και δε θα επεκταθούμε περισσότερο γι' αυτές. Εδώ θα προχωρήσουμε στην περιγραφή των υποκατηγοριών των δυναμικών αντλιών και των αντλιών θετικής μετατόπισης. Ειδικά για τις δυναμικές αντλίες το ενδιαφέρον μας από την πλευρά της περαιτέρω κατάταξης - υποδιαίρεσης θα μονοπωλήσουν οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι ελικοειδείς αντλίες μικτής ροής που συγκεντρώνουν και το πλείστο της ποικιλομορφίας.

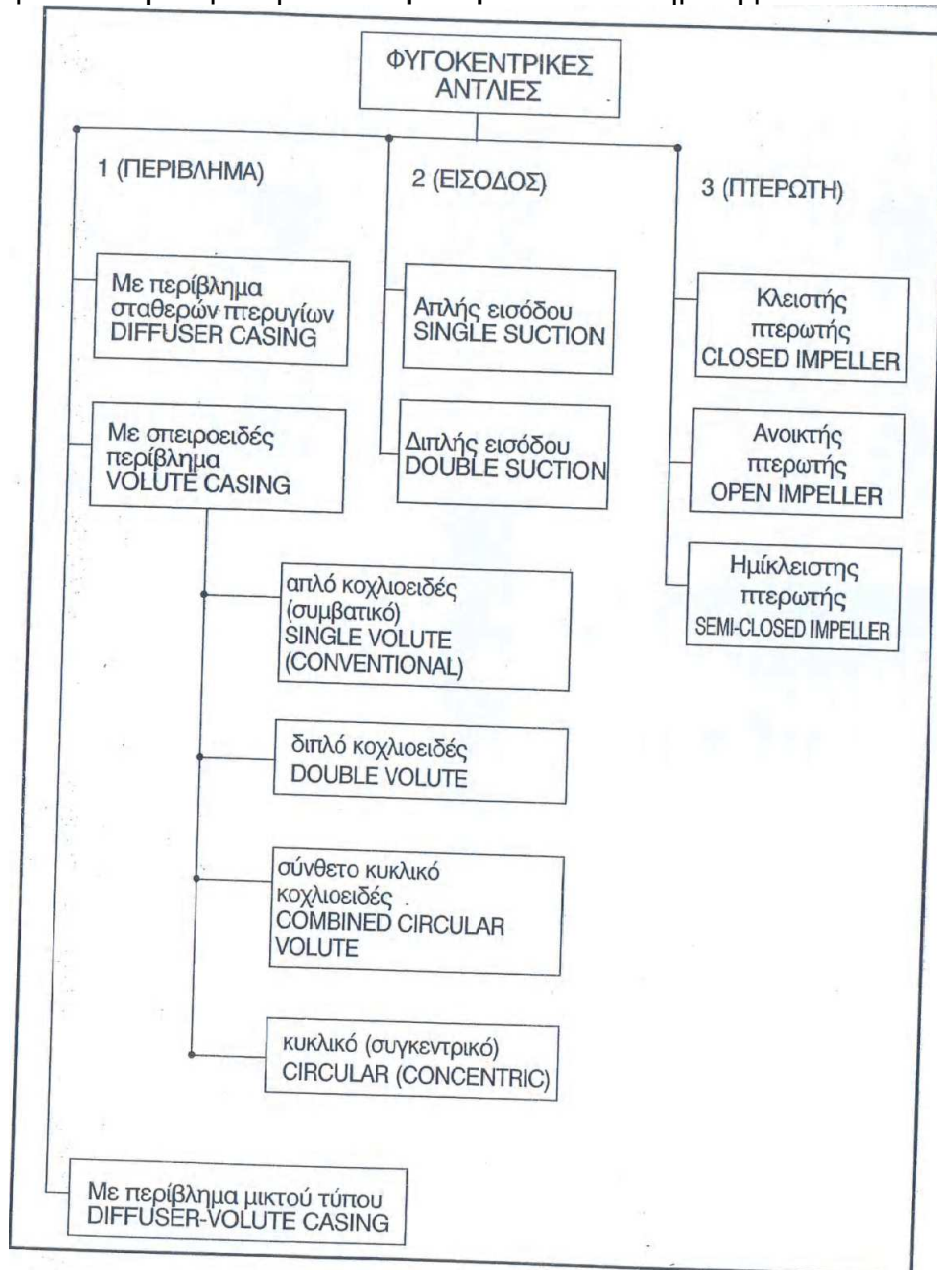
#### 3.2.1 Υποδιαίρεση φυγοκεντρικών αντλιών

Το σχήμα 15 δείχνει συγκεντρωτικά τις υποκατηγορίες των φυγοκεντρικών αντλιών. Στο εξής ο όρος φυγοκεντρικές αντλίες θα υπονοεί και τις ελικοειδείς αντλίες μικτής ροής που έχουν ως γνωστό σπειροειδές περίβλημα όπως και οι κατά κυριολεξία φυγοκεντρικές αντλίες. Στο σχήμα 15 η βασική υποδιαίρεση με τον αριθμό (1) αναφέρεται στο κέλυφος, η υποδιαίρεση (2) στο είδος εισόδου του υγρού στην αντλία και η (3) στο είδος της πτερωτής.

##### 3.2.1.1 Υποδιαίρεση αναφορικά με το περίβλημα (κέλυφος)

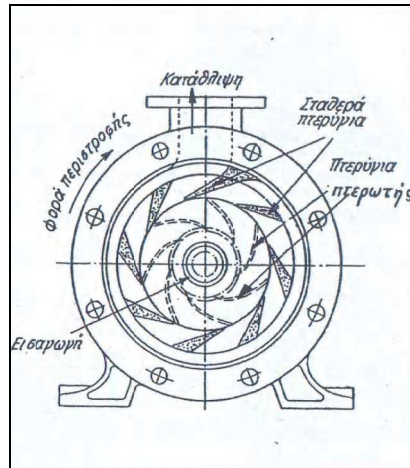
Οι φυγοκεντρικές αντλίες διακρίνονται σε 3 υποκατηγορίες:  
 α) με περίβλημα σταθερών πτερυγίων (σχ. 16)  
 β) με σπειροειδές περίβλημα (κέλυφος) (σχ. 17)  
 γ) με περίβλημα μικτού Τύπου (σχ. 18).

α) Σε αυτές τις αντλίες 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. 15 Κατάταξη φυγοκεντρικών αντλιών



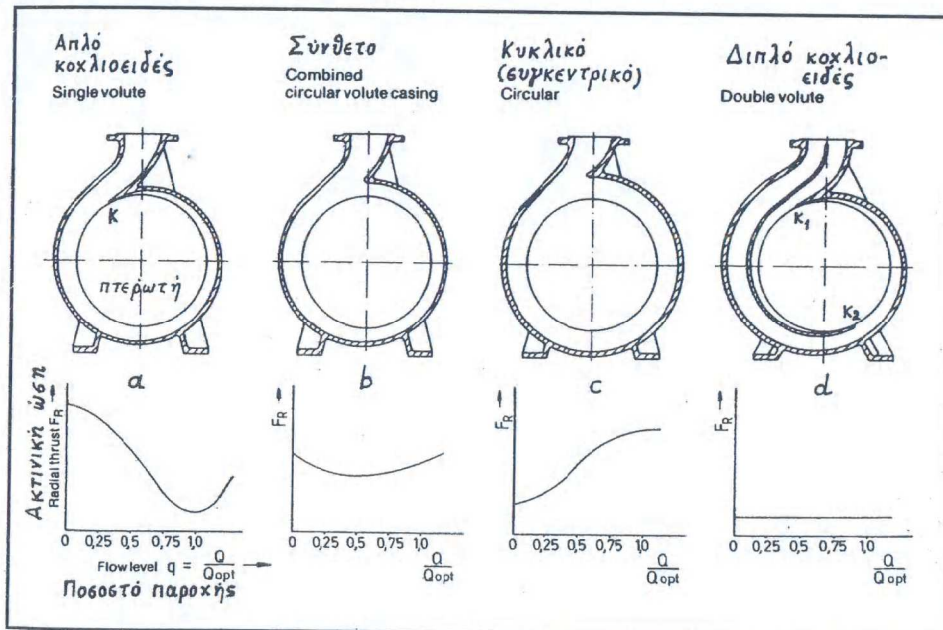


**Σχ. 16** Αντλία με σταθερά πτερόνια

β) Το υγρό στις αντλίες αυτές μετά την έξοδο του από την πτερωτή οδηγείται σ' έναν αγωγό σπειροειδούς σχήματος όπου η ταχύτητά του ελαττώνεται βαθμιαία μέχρι την έξοδο προς τον σωλήνα κατάθλιψης, ενώ η πίεση αυξάνεται.

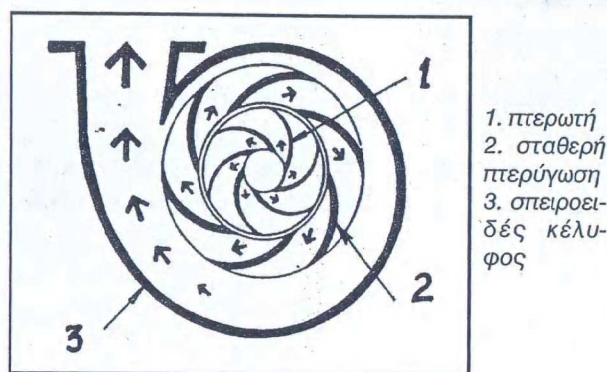
Στις αντλίες με απλό κοχλιοειδές κέλυφος (σχ. 17a) η πτερωτή είναι έκκεντρα τοποθετημένη ως προς το κέλυφος και η απόσταση της Περιφέρειας της πτερωτής από το κέλυφος είναι ελάχιστη στο σημείο K. Η αιχμή που σχηματίζει το κέλυφος στο σημείο K λέγεται αιχμή κοπής νερού. Η Κατανομή της πίεσης του υγρού γύρω από την πτερωτή δεν είναι ομοιόμορφη οπότε προκύπτει ακτινική δύναμη που παραλαμβάνεται από τα έδρανα του άξονα της πτερωτής. 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 (μηχανικούς στυπιοθλίπτες κ.ά.). Η λύση του προβλήματος δίνεται με το διπλό κέλυφος (σχ. 17d). Εδώ ένα διαχωριστικό τοίχωμα του περιβλήματος διαχωρίζει τη ροή γύρω από την πτερωτή ζυγοσταθμίζοντας τα υδραυλικά φορτία. Υπάρχουν δύο αντιδιαμετρικά σημεία κοπής νερού, τα  $K_1$  και  $K_2$ . Έτσι η ακτινική ώση ελαττώνεται σημαντικά και παραμένει σταθερή για όλη την περιοχή λειτουργίας της αντλίας.

Μια άλλη προσέγγιση του θέματος γίνεται με το κυκλικό κέλυφος που είναι συγκεντρικό με την πτερωτή (σχ. 17c). 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 όσον αφορά την ακτινική ώση όλες οι υπόλοιπες πιθανές περιοχές λειτουργίας. Μια ενδιάμεση λύση ανάμεσα στο απλό κοχλιοειδές (συμβατικό) και το κυκλικό κέλυφος είναι το σύνθετο ή συνδυασμένο κέλυφος (σχ. 17b). Η διακύμανση της ακτινικής ώσης για κάθε τύπο κελύφους φαίνεται στο σχ. 26 σε συνάρτηση με το ποσοστό παροχής.



**Σχ. 17** Τύποι σπειροειδούς κελύφους και αντίστοιχες καμπύλες ακτινικής ώσης.

γ) Εάν χρησιμοποιηθεί σταθερή πτερύγωση μέσα σε περίβλημα όχι κυλινδρικό όπως στο σχήμα 16 αλλά σπειροειδές, τότε προκύπτει ο μικτός τύπος του σπειροειδούς κελύφους με σταθερή πτερύγωση (σχήμα 27). 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.



**Σχ. 18** Σχηματική παράσταση αντλίας με περίβλημα μικτού τύπου (σπειροειδές κέλυφος με σταθερή πτερύγωση)

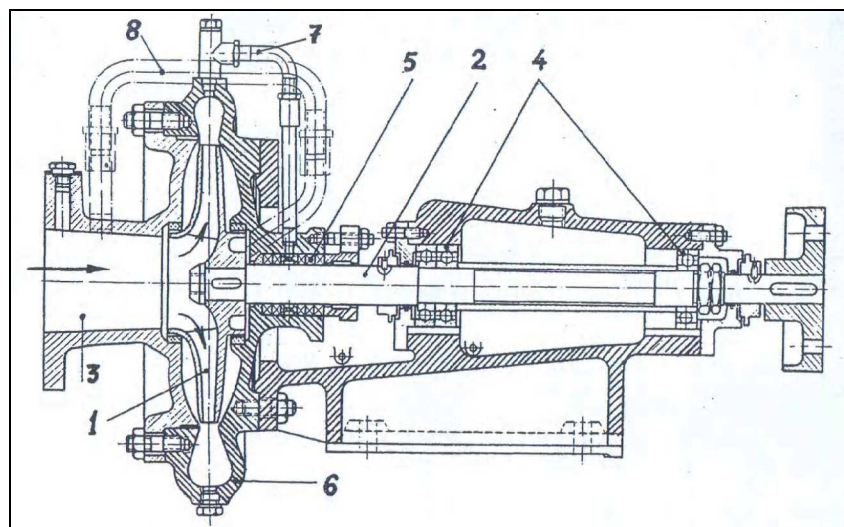
### 3.2.1.2 Υποδιαίρεση αναφορικά με την είσοδο

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 15 υπάρχουν δύο είδη αντλιών: α) απλής εισόδου ή μονόπλευρης αναρρόφησης (σχ. 19) και β) διπλής εισόδου ή αμφίπλευρης αναρρόφησης (σχ. 20). Στην αντλία απλής εισόδου το υγρό εισέρχεται στην πτερωτή από τη μία μόνο πλευρά της ενώ στην αντλία διπλής εισόδου και από τις δύο πλευρές της συμμετρικής πτερωτής. Εννοείται ότι

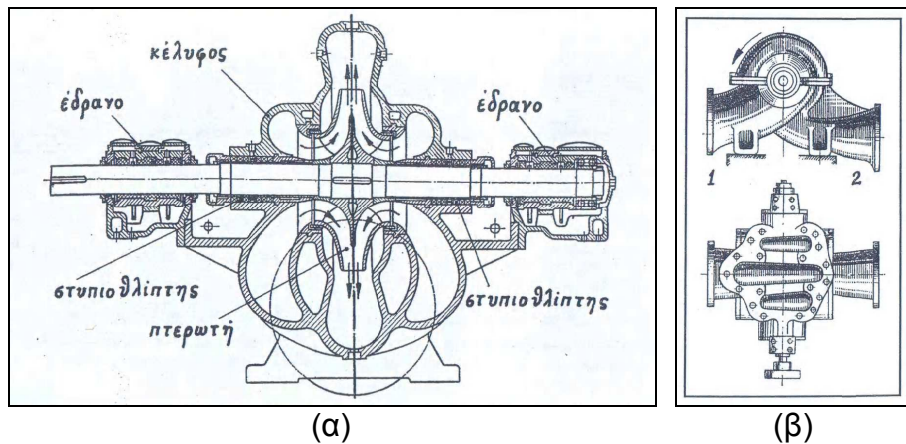
στην αντλία διπλής εισόδου υπάρχει και κατάλληλα διαμορφωμένο κέλυφος που είναι και αυτό συμμετρικό ως προς το μεσοκάθετο επίπεδο στον άξονα της αντλίας.

α) Η αντλία απλής εισόδου είναι ο απλούστερος τύπος αντλίας. Στην αντλία του σχ. 28 η πτερωτή (1) είναι προσαρμοσμένη στο άκρο του άξονα (2) και το υγρό οδηγείται από τον σωλήνα αναρρόφησης μέσα από το στόμιο εισόδου (3) κατευθείαν στο κέντρο («μάτι») της πτερωτής. Ο άξονας περιστρέφεται πάνω σε δύο έδρανα (4) που έχουν αρκετή απόσταση μεταξύ τους. Ένας στυπιοθλίπτης (5) αρκεί για τη στεγανοποίηση της διέλευσης του άξονα μέσα από το κέλυφος (6). Ο στυπιοθλίπτης ψύχεται και λιπαίνεται με υγρό από την κατάθλιψη μέσω του σωλήνα (7).

β) Η εξωτερική όψη των αντλιών διπλής εισόδου του σχήματος 20α φαίνεται στο σχήμα 20β. Το κέλυφος διαιρείται αξονικά και δεν έχει σταθερή πτερώγωση. Τα στόμια εισόδου (1) και εξόδου (2) είναι ενσωματωμένα στο κάτω ημικέλυφος. Λόγω της συμμετρίας η πίεση και στις 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 μια μικρή αξονική ώση που οφείλεται σε κατασκευαστικές ατέλειες ή άνισες φθορές των εξαρτημάτων. Οι αντλίες διπλής εισόδου εκτός από το πλεονέκτημα της μηδενικής σχεδόν αξονικής ώσης πλεονεκτούν και στο ότι παρουσιάζουν μικρή ταχύτητα ροής στην είσοδο λόγω του διπλού αγωγού αναρρόφησης, Γι' αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγάλες παροχές.



**Σχ. 19 Αντλία απλής εισόδου**



**Σχ. 20** (α) Αντλία διπλής εισόδου και (β) Εξωτερική όψη της αντλίας

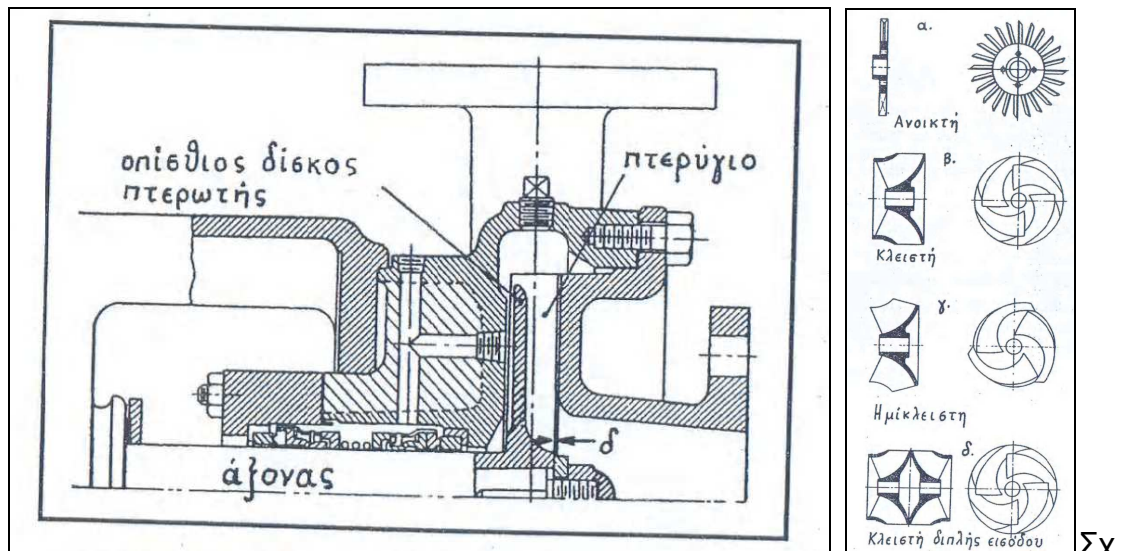
### 3.2.1.3 Υποδιαίρεση με βάση το είδος της πτερωτής

Η πτερωτή είναι ίσως 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 προς τη φορά περιστροφής της πτερωτής. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 24 υπάρχουν τρία είδη πτερωτών οι κλειστές, οι ημίκλειστες και οι ανοικτές.

α) Η κλειστή πτερωτή (βλ. σχ. 19 & 20) αποτελείται από δύο δίσκους μεταξύ των οποίων βρίσκονται τα πτερύγια. Στις αντλίες απλής εισόδου ο ένας δίσκος έχει στο κέντρο του μια οπή («μάτι») απ' όπου εισέρχεται το υγρό στα πτερύγια. Στις αντλίες διπλής εισόδου υπάρχουν οπές και στους δύο δίσκους. Η διάμετρος της οπής (ή των οπών για τις αντλίες διπλής εισόδου) συμπίπτει με την εσωτερική διάμετρο του στομίου εισόδου του κελύφους ακριβώς μπροστά από την πτερωτή, για να έχουμε ομαλή είσοδο του υγρού στην 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 σπηλαιώση. Όμως βουλώνουν («μπουκώνουν») ευκολότερα και γι' αυτό χρησιμοποιούνται για άντληση μόνο καθαρών σχετικά υγρών, εκτός αν είναι ειδικά σχεδιασμένες.

β) 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. 21α), Στις αντλίες με ημίκλειστη πτερωτή πρέπει το διάκενο (δ) μεταξύ των πτερυγίων και της εσωτερικής επιφάνειας του καλύμματος του κελύφους να είναι όσο γίνεται μικρότερο. Έτσι ελαττώνονται οι διαφυγές υγρού και επιτυγχάνεται ικανοποιητικός βαθμός απόδοσης, που όμως κατά κανόνα είναι μικρότερος από ότι στις αντλίες με κλειστές πτερωτές.

γ) Η ανοικτή πτερωτή (σχ. 21β(α)) δεν έχει ούτε εμπρόσθιο ούτε οπίσθιο δίσκο και τα πτερύγια στερεώνονται μόνο στην πλήμνη. Ειδικά η πτερωτή του σχ. 21β(α) λέγεται ακτινωτός τροχός και είναι κατάλληλη για αντλίες με πλευρικό αγωγό. Στα σχήματα 21β (β), (γ), (δ) φαίνονται διάφοροι τύποι πτερωτών για αντλίες μικτής ροής. Στις δεξιά όψεις των σχ. 21β(β) και 21β(δ) έχει αφαιρεθεί για σχεδιαστικούς λόγους ο εμπρόσθιος δίσκος. Οι πτερωτές των σχ. 21β(β), (γ), (δ) είναι κατάλληλες για μέσες παροχές και πιέσεις όπως θα δούμε παρακάτω.



Σχ. 21 (α) Φυγόκεντρη αντλία με ημικλειστή πτερωτή και (β) τύποι πτερωτών

### 3.3 Κατάταξη αντλιών ως προς τον αριθμό των βαθμίδων τους

Σύμφωνα με τον αριθμό των βαθμίδων τους οι αντλίες διακρίνονται σε μονοβάθμιες και πολυβάθμιες. Μια πρώτη αναφορά στην έννοια των βαθμίδων έγινε στην παράγραφο για τις φυγόκεντρικές αντλίες. Οι όροι βαθμίδες, μονοβάθμια ή πολυβάθμια αντλία αφορούν σχεδόν αποκλειστικά τις δυναμικές αντλίες δηλ. τις αντλίες με πτερωτή ή πτερωτές.

Μονοβάθμια λέγεται η αντλία στην οποία το ολικό μονομετρικό ύψος αναπτύσσεται από μία πτερωτή. Πολυβάθμια λέγεται η αντλία στην οποία το ολικό μονομετρικό ύψος αναπτύσσεται από δύο ή περισσότερες πτερωτές σε σειρά, μέσα σε κοινό περίβλημα.



Σχ. 22 Υποδιαίρεση φυγόκεντρικών αντλιών ως προς τις βαθμίδες

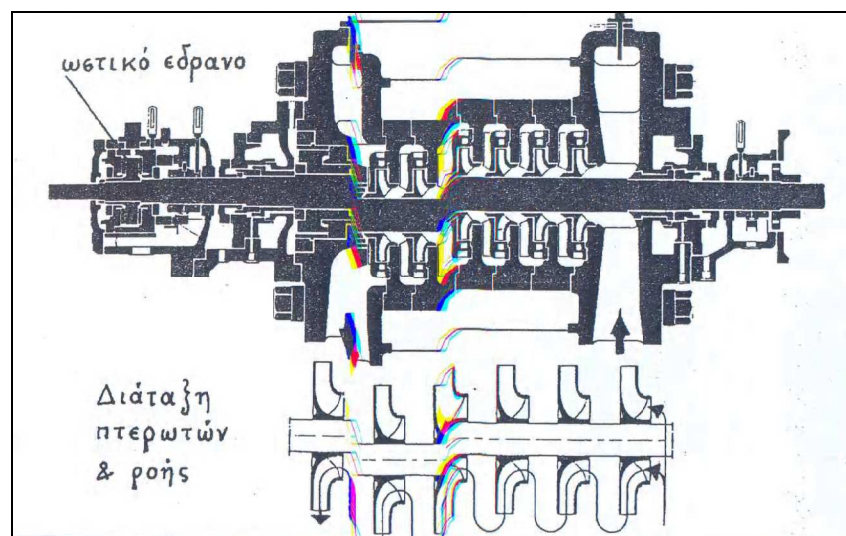
Βαθμίδα μιας πολυβάθμιας (δυναμικής) αντλίας ονομάζεται ο συνδυασμός μιας πτερωτής με μια διάταξη οδήγησης ροής (περίβλημα σταθερών πτερυγίων, σπειροειδές κέλυφος, ή δακτυλιοειδές κέλυφος). Όμως εκτός από τις δυναμικές αντλίες, συναντούμε την έννοια της βαθμίδας και σε

άλλους τύπους αντλιών, όπου η πίεση αυξάνεται βαθμιαία με τη χρήση επαναλαμβανόμενων διατάξεων σε σειρά. Έτσι μιλάμε π.χ. για διβάθμιους ή τριβάθμιους εγχυτήρες και για διβάθμιες ή τετραβάθμιες αντλίες εκκεντρικού ελικοειδούς ρότορα.

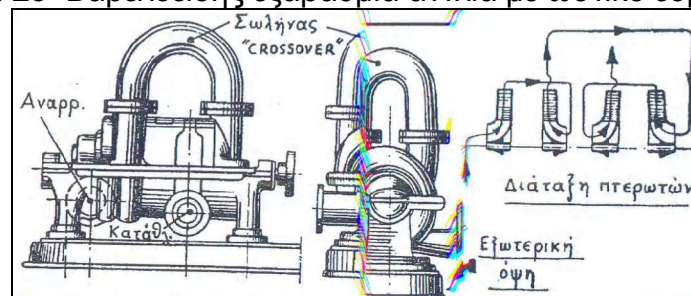
Ειδικά για τις πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες υπάρχει μεγάλη ποικιλία τύπων που προκύπτει από την ποικιλία πτερωτών, περιβλημάτων, κλπ. που χρησιμοποιούνται ανάλογα με την περίπτωση. Στο σχήμα 22 φαίνεται η κατάταξη των τύπων των πολυβαθμίων φυγοκεντρικών αντλιών. Οι δύο βασικοί τύποι των πολυβαθμίων αντλιών είναι οι βαρελοειδείς και οι αξονικά διαιρούμενες.

α) Οι βαρελοειδείς αντλίες (σχ. 23) έχουν πτερωτές απλής εισόδου και περίβλημα κυλινδρικό, σταθερών πτερυγίων που αποτελείται από συναρμολογούμενους δακτυλίους, ένα για κάθε βαθμίδα. Κάθε δακτύλιος έχει σταθερά οδηγητικά πτερύγια ή πτερύγια διαχύσεως, που οδηγούν το υγρό από την έξοδο της προηγούμενης στην είσοδο της επόμενης πτερωτής. Αντλίες τέτοιου τύπου χρησιμοποιούνται ως τροφοδοτικές αντλίες λεβήτων, ή ως αντλίες βαθέων φρεάτων κ.ά.

β) Οι αξονικά διαιρούμενες πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες έχουν σπειροειδές κέλυφος και πτερωτές απλής ή διπλής εισόδου. Οι αντλίες του σχήματος 24 είναι αξονικά διαιρούμενες δηλαδή έχουν κέλυφος που αποτελείται από δύο ημικελύφη συναρμολογούμενα με κοχλίες στο επίπεδο του άξονα. Οι αντλίες αυτές είναι υδραυλικά εξισοροπημένες με αντίθετες πτερωτές σε ποικίλες διατάξεις. Με την χρήση μάλιστα πτερωτών διπλής εισόδου προκύπτουν περισσότερες δυνατότητες.



Σχ. 23 Βαρελοειδής εξαβάθμια αντλία με ωστικό έδρανο



Σχ. 24 Τετραβάθμια αντλία με αντίθετες πτερωτές κατά ζεύγη (εξισοροπημένη)

### **3.4 Η δυνατότητα αυτόματης αναρρόφησης**

Οι αντλίες διακρίνονται με βάση τον τρόπο κατάταξης σε: α) αντλίες αυτόματης αναρρόφησης και β) όχι αυτόματης αναρρόφησης.

#### **3.4.1 Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης**

Ας εξετάσουμε τις κατηγορίες αντλιών του σχήματος 4 από την άποψη της αυτόματης αναρρόφησης.

α) Για τις αντλίες ανέλκυσης δεν τίθεται θέμα γιατί αντλούν χωρίς σωλήνα αναρρόφησης.

β) Οι εγχυτήρες είναι πάντοτε αυτόματης αναρρόφησης γιατί δημιουργούν κενό (υποπίεση) στον θάλαμο αναρρόφησης τους και μπορούν να αναρροφούν τον αέρα από τον σωλήνα αναρρόφησης.

γ) Οι αντλίες πιεστικού Θαλάμου δεν έχουν αυτόματη αναρρόφηση γιατί έχουν πλήρωση του θαλάμου τους με τη βαρύτητα.

δ) Για τις αντλίες ανύψωσης με αέρα δεν τίθεται θέμα γιατί η ίδια η «αντλία» συμπίπτει με τον σωλήνα αναρρόφησης.

ε) Οι αντλίες θετικής μετατόπισης (παλινδρομικές ή περιστροφικές) είναι γενικά αντλίες αυτόματης αναρρόφησης όταν ξεκινούν χωρίς αντίθλιψη, γιατί μπορούν να λειτουργήσουν για μικρό διάστημα κατά την εκκίνηση σαν αεραντλίες και να απομακρύνουν τον αέρα από τον σωλήνα αναρρόφησης μέχρις ότου «πιάσει» η αντλία. Το ίδιο και στο «ξέπιασμα» κατά τη λειτουργία, λόγω εισόδου αέρα από την αναρρόφηση.

ζ) Οι δυναμικές αντλίες εκτός εξαιρέσεων είναι γενικά αντλίες όχι αυτόματης αναρρόφησης. Ο λόγος είναι ότι η φυγόκεντρη δύναμη δεν είναι αρκετή για να απομακρύνει τον αέρα που βρίσκεται ανάμεσα στα πτερύγια της πτερωτής και στη συνέχεια να δημιουργήσει κενό στον σωλήνα αναρρόφησης για να προκαλέσει άνοδο της στάθμης του υγρού. Εξαιρεση αποτελεί ένας τύπος αναγεννητικής αντλίας η αντλία με πλευρικό αγωγό (αυλάκωση), η οποία όταν γεμίσει με υγρά για την πρώτη της εκκίνηση, στις επόμενες εκκινήσεις και κατά τη λειτουργία εργάζεται ως αντλία αυτόματης αναρρόφησης. Την αντλία αυτή καθώς και άλλες μεθόδους και συσκευές με τις οποίες εξασφαλίζεται η αυτόματη αναρρόφηση στις φυγόκεντρικές αντλίες Θα περιγράψουμε στις επόμενες παραγράφους.

#### **3.4.2 Αντλίες όχι αυτόματης αναρρόφησης**

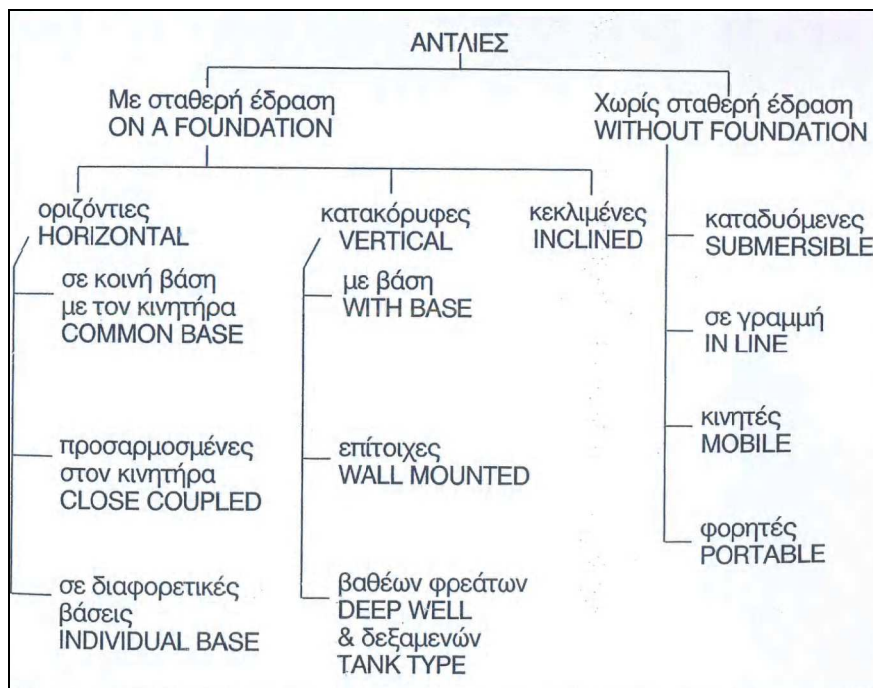
Στην προηγούμενη ενότητα είδαμε ποιες αντλίες είναι «εκ κατασκευής» αυτόματης αναρρόφησης και πώς, με διάφορες προσθήκες αποκτούν αυτόματη αναρρόφηση όσες δεν έχουν, έτσι ώστε τελικά και αυτές να θεωρούνται αντλίες αυτόματης αναρρόφησης. Οι διάφορες προσθήκες (εγχυτήρες, βαθμίδες, αντλίες κενού κ.ά.) τοποθετούνται μέσα ή επάνω στην αντλία και αποτελούν μέρος της. Όμως για να λειτουργήσει ένα αντλητικό σύστημα δεν είναι απαραίτητη πάντα αντλία αυτόματης αναρρόφησης, γιατί η δυνατότητα αναρρόφησης εξασφαλίζεται και με άλλους τρόπους, που Θα δούμε στη συνέχεια. Οι τρόποι αυτοί αφορούν τη σωλήνωση και όχι την αντλία και είναι οι ακόλουθοι:

α) Τοποθέτηση της αντλίας χαμηλότερα από τη στάθμη του υγρού.

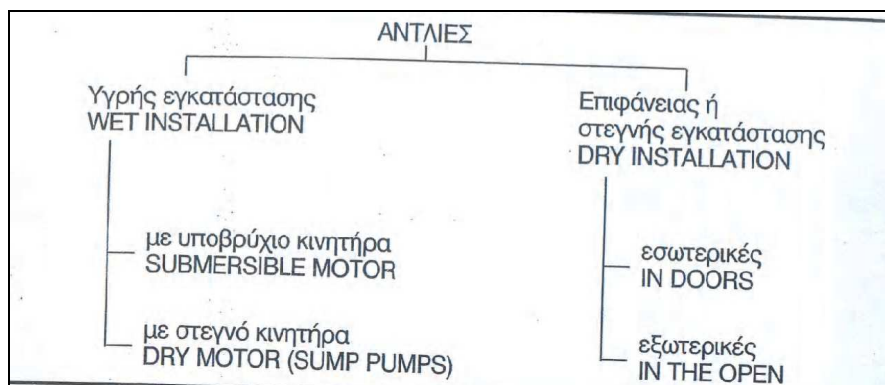
- β) Γέμισμα του σωλήνα αναρρόφησης και της αντλίας από εξωτερική πηγή.
- γ) Χρήση πολυβαλβίδας.
- δ) Εκκένωση του αέρα του σωλήνα αναρρόφησης και της αντλίας με ανεξάρτητη αντλία κενού ή κεντρικό σύστημα κενού
- ε) Χρήση διαφόρων «πατενταρισμένων» συστημάτων.

### 3.5 Κατάταξη αντλιών ανάλογο με τον τρόπο εγκατάστασης

Η εγκατάσταση μιας 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: α) ως προς την έδραση (σχ. 25) και β) ως προς τη θέση λειτουργίας (σχ. 26).



Σχ. 25 Κατάταξη ως προς την έδραση.



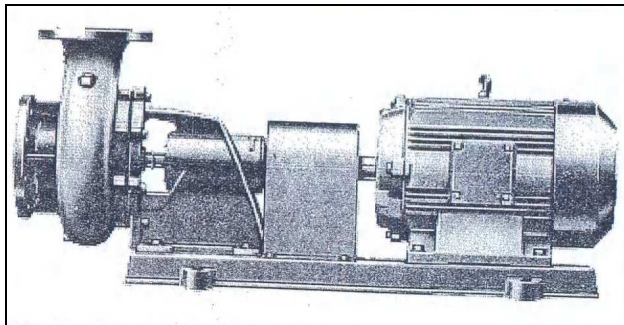
Σχ. 26 Κατάταξη ως προς την θέση λειτουργίας.

#### 3.5.1 Αντλίες με σταθερή έδραση

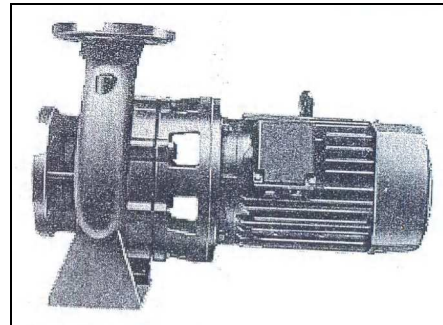


### 3.5.1.1 Οριζόντιες αντλίες

Αυτές εδράζονται σε κοινή βάση με τον κινητήρα (σχήμα 27α) ή είναι προσαρμοσμένες σ' αυτόν (ή ο κινητήρας προσαρμοσμένος στην αντλία) (σχήμα 27β). Για μεγάλα αντλητικά συγκροτήματα ή συγκροτήματα με μειωτήρες στροφών η κάθε μονάδα (αντλία κινητήρας κλπ.) εδράζεται σε ιδιαίτερη βάση. Κατά την εγκατάσταση γίνεται η εργασία της ευθυγράμμισης του αντλητικού συγκροτήματος. Το ίδιο συμβαίνει και όταν για διάφορους λόγους ο κινητήρας βρίσκεται σε γειτονικό χώρο και μεταξύ αντλίας και κινητήρα μεσολαβεί στεγανή φράκτη ή τοίχος.



(α)

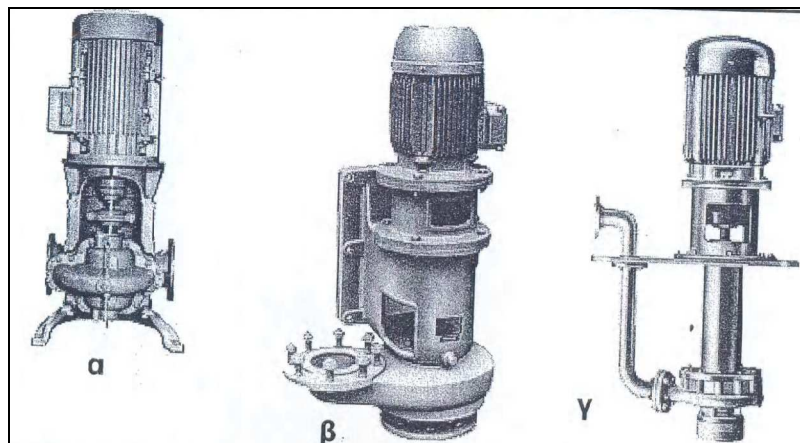


(β)

**Σχ. 27** α) Οριζόντια φυγόκεντρα αντλία σε κοινή βάση με τον ηλεκτροκινητήρα και β) Ηλεκτροκινητήρας προσαρμοσμένος στην αντλία.

### 3.5.1.2 Κατακόρυφες αντλίες

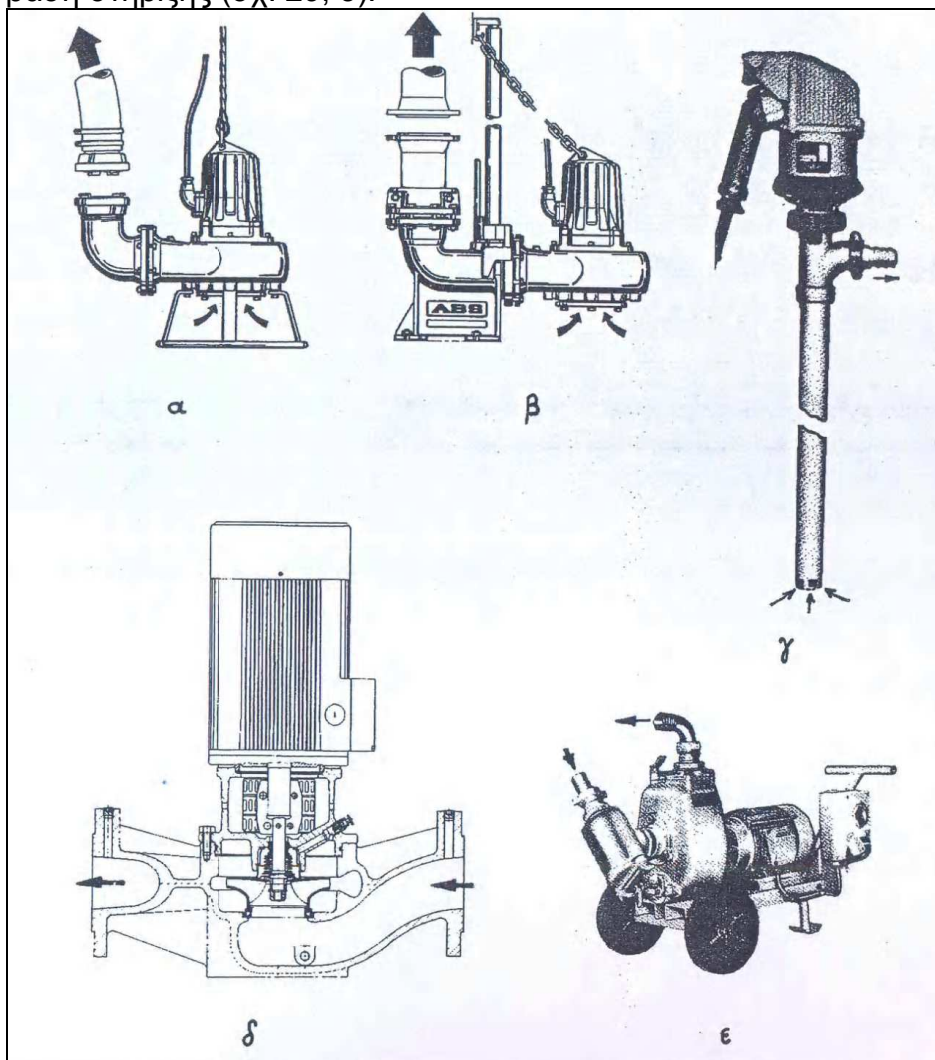
Οι κατακόρυφες αντλίες (σχήμα 28) έχουν το πλεονέκτημα ότι καταλαμβάνουν μικρότερη επιφάνεια του δαπέδου γιατί ο κινητήρας τοποθετείται επάνω από την αντλία. Επίσης με τη χρήση κατακόρυφων αξόνων κίνησης μεγάλου μήκους παρέχουν τη δυνατότητα άντλησης από μεγάλο βάθος με την τοποθέτηση της αντλίας πολύ κοντά στη στάθμη του υγρού ή και μέσα στο υγρό (αντλίες τύπου δεξαμενής και βαθέων φρεάτων). Ειδικά στην τελευταία περίπτωση, όπου η αντλία βρίσκεται μέσα στη δεξαμενή και μέσα στο υγρό (ενώ ο κινητήρας βρίσκεται έξω) υπάρχει το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτείται σωλήνας αναρρόφησης και η αντλία δε χρειάζεται να είναι αυτόματης αναρρόφησης.



**Σχ. 28** Τύποι κατακόρυφων αντλιών, (α) με βάση, (β) επίτοιχη και (γ) δεξαμενής.

### **3.5.2 Αντλίες χωρίς σταθερή έδραση**

Αντλίες χωρίς σταθερή έδραση (σχήμα 29) χρησιμοποιούνται όταν η αντλία πρέπει να είναι καταδυόμενη, κινητή ή φορητή, ή όταν έχει μικρό βάρος, οπότε στηρίζεται επάνω στη σωλήνωση. Στην τελευταία περίπτωση η αντλία λέγεται σε γραμμή και τα στόμια εισόδου και εξόδου της αντλίας βρίσκονται σε ευθεία γραμμή. Για κάπως μεγαλύτερες αντλίες σε γραμμή εκτός από τη στήριξη στη σωλήνωση υπάρχει στο κάτω μέρος του κελύφους των και μια απλή βάση στήριξης (σχ. 29, δ).



**Σχ. 29** Αντλίες χωρίς σταθερή έδραση α: καταδυόμενη, β: καταδυόμενη με ταχυσύνδεσμο, γ: φορητή, δ: σε γραμμή, ε: κινητή.

### **3.5.3 Αντλίες υγρής εγκατάστασης**

Όπως φαίνεται στο σχήμα 26 υπάρχουν δύο είδη αντλιών υγρής εγκατάστασης: α) Οι αντλίες με υποβρύχιο κινητήρα και β) οι αντλίες με στεγνό 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 που λέγονται και απλά υποβρύχιες αποτελούν μια πολύ σημαντική κατηγορία αντλιών και η χρήση τους συνεχώς επεκτείνεται.

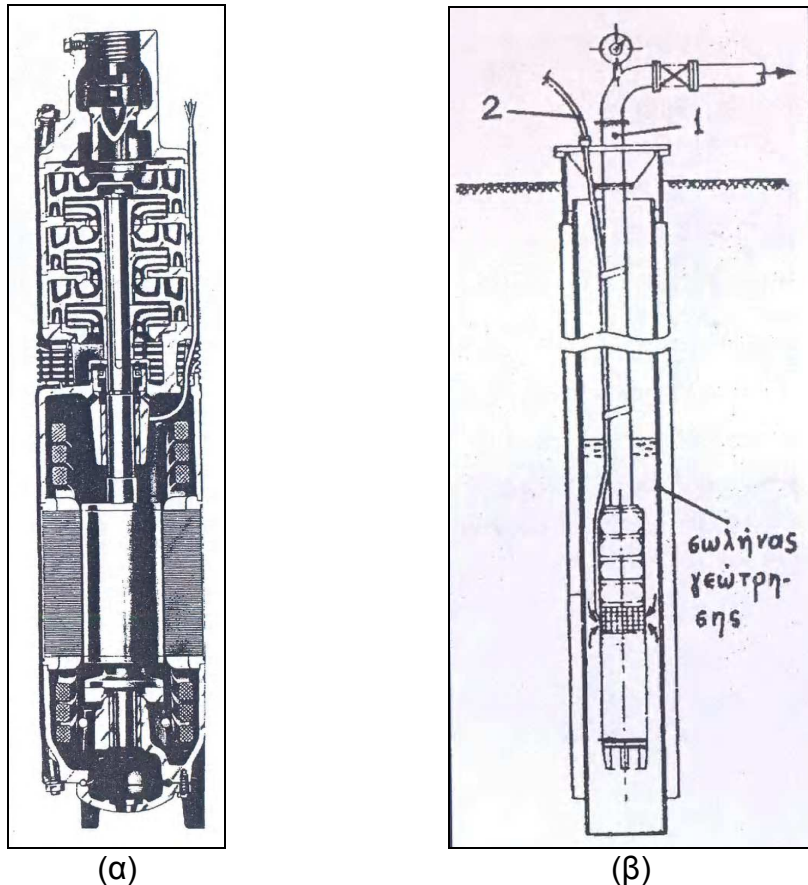
### 3.5.3.1 Υποβρύχιες αντλίες

Οι υποβρύχιες αντλίες μπορεί να είναι: α) Καταδυόμενες (σχ. 29α και β) που είναι συνήθως μονοβάθμιες και χρησιμοποιούνται για αποστραγγίσεις σε εργοτάξια ή ορυχεία, αντλήσεις ακαθάρτων, κ.ά., και β) Μόνιμες που είναι συνήθως πολυβάθμιες και χρησιμοποιούνται για αντλήσεις από μεγάλα βάθη ή σε γεωτρήσεις, αρδεύσεις, αύξηση πίεσης κ.ά.

Μια ειδική κατηγορία υποβρυχίων αντλιών είναι οι ελικοφόρες που χρησιμοποιούνται για μεγάλες παροχές και μικρά μανομετρικά ύψη. Οι υποβρύχιοι κινητήρες μπορούν να βυθίζονται στο υγρό παροδικά είτε μόνιμα. Συνήθως είναι τριφασικοί ηλεκτροκινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα. Υπάρχουν όμως και υποβρύχιες αντλίες με υδραυλικό κινητήρα ή αεροκίνητες. Στις υποβρύχιες αντλίες του τύπου του σχήματος 30α ο ηλεκτροκινητήρας είναι τοποθετημένος κάτω από την αντλία και τροφοδοτείται με ανθυγρό καλώδιο μέσα από στυπιοθλίπτη. Ο κινητήρας έχει κατάλληλες μονώσεις και είναι γεμάτος με ειδικό υγρό για ψύξη των τυλιγμάτων και λίπανση των εδράνων. Στεγανοποιείται με ειδικό στυπιοθλίπτη. Μια βαλβίδα αντεπιστροφής είναι ενσωματωμένη στη σύνδεση εξόδου στην κορυφή της αντλίας.

Στις εγκαταστάσεις υποβρυχίων αντλιών σε γεώτρηση (σχ. 30β) το αντλητικό συγκρότημα κρέμεται από τον σωλήνα ανύψωσης νερού (1) επάνω στον οποίο στερεώνεται και το ηλεκτρικό καλώδιο (2). Οι αντλίες αυτές μπορούν να εργασθούν και οριζόντια π.χ. μέσα σε αύλακα.

Γενικά οι υποβρύχιες αντλίες αποτελούν συνήθως την οικονομικότερη λύση άντλησης από γεωτρήσεις για περιπτώσεις μικρών παροχών σε μεγάλα μανομετρικά ύψη ενώ ταυτόχρονα είναι μία ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση για περιπτώσεις μεγάλων παροχών σε μικρά έως μέσα μανομετρικά ύψη. Το μειονέκτημα των υποβρυχίων αντλιών είναι ότι είναι πιο ευπαθείς ενώ οι πομόνες εργάζονται απρόσκοπτα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επίσης οι πομόνες πλεονεκτούν στο ότι έχουν δυνατότητα κίνησης και με μηχανές εσωτερικής καύσης όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια.



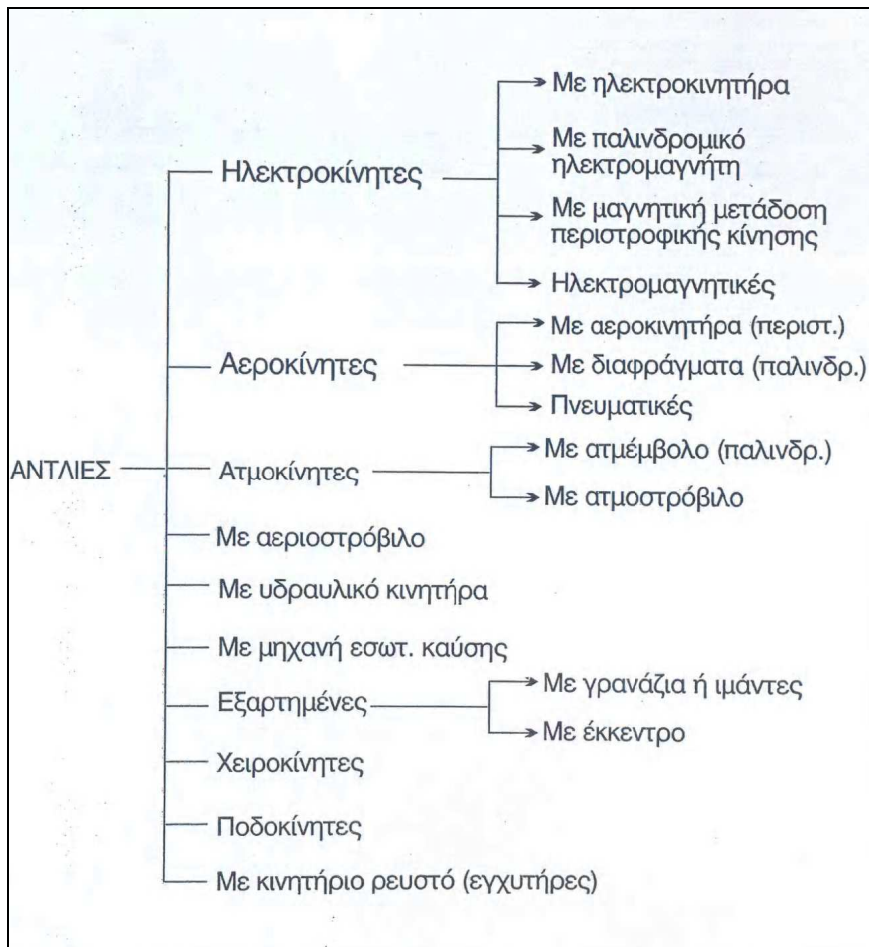
Σχ . 30 (α) υποβρύχια ηλεκτροκίνητη πολυβάθμια αντλία γεωτρήσεων και (β) εγκατάσταση υποβρύχιας αντλίας σε γεώτρηση.

### **3.5.4 Αντλίες Επιφανείας**

Αντλίες επιφανείας ή στεγνής εγκατάστασης έχουμε όταν τόσο η αντλία, όσο και ο κινητήρας βρίσκονται έξω από το αντλούμενο υγρό. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 26 διακρίνονται σε: α) εσωτερικές και β) εξωτερικές. Εσωτερικές λέγονται όταν το αντλητικό συγκρότημα είναι προστατευμένο σε κλειστό χώρο (αντλιοστάσιο) και εξωτερικές όταν εργάζονται εκτεθειμένες στο περιβάλλον. Για τις εξωτερικές απαιτείται κατάλληλη εκλογή υλικών και προδιαγραφών ώστε να μην καταστρέφονται από τις κλιματολογικές συνθήκες και γενικά από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος (ήλιος, βροχή, πάγος, σκόνη κ.ά.). Δεν υπάρχουν κανόνες γενικής εφαρμογής για τις εξωτερικές αντλίες γιατί οι συνθήκες ποικίλουν ανάλογα με τον τόπο εγκατάστασης.

### **3.6 Κατάταξη αντλιών με βάση τον τρόπο κίνησης**

Στο σχήμα 31 φαίνεται η κατάταξη των αντλιών με βάση το είδος κίνησης.



Σχ. 31 Κατάταξη αντλιών ως προς τον τρόπο κίνησης.

### **3.6.1 ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ**

#### **3.6.1.1 Αντλίες με ηλεκτροκινητήρα**

Οι περισσότερες αντλίες κινούνται με ηλεκτροκινητήρες. Όταν δεν υπάρχουν ειδικοί λόγοι, ο ηλεκτροκινητήρας αποτελεί την καλύτερη επιλογή για την κίνηση μιας αντλίας. Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται στην περιοχή χαμηλής ισχύος (μέχρι 1 KW περίπου) είναι σχεδόν αποκλειστικά οι μονοφασικοί με βραχυκυκλωμένο δρομέα και με πυκνωτή εκκίνησης.

Για μέσες και μεγάλες ισχύεις (μέχρι 8000 KW περίπου) κυριαρχούν οι τριφασικοί (ασύγχρονοι) κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα (τύπου κλωβού). Σπανιότερα χρησιμοποιούνται τριφασικοί (ασύγχρονοι) κινητήρες με δακτυλίους, όταν απαιτείται συνεχής ρύθμιση στροφών. Για πολύ μεγάλες ισχύεις χρησιμοποιούνται μερικές φορές σύγχρονοι, κινητήρες. Όλοι οι πιο πάνω κινητήρες είναι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος. Όμως για ειδικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται και κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

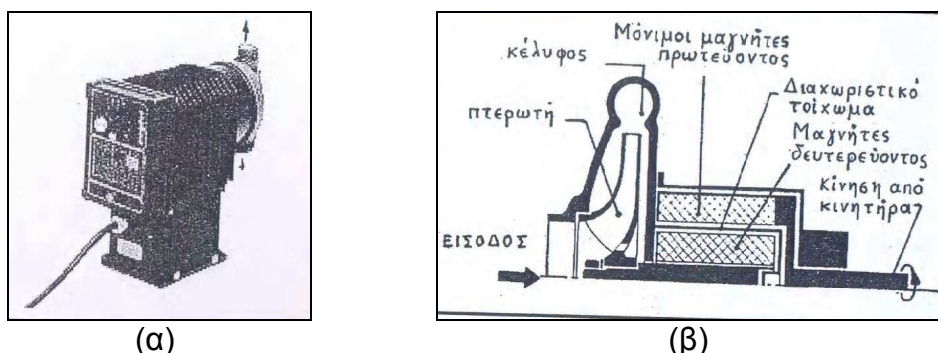
#### **3.6.1.2 Αντλίες με παλινδρομικό ηλεκτρομαγνήτη**

Παλινδρομικός ηλεκτρομαγνήτης (πηνίο) χρησιμοποιείται για την κίνηση μικρών παλινδρομικών αντλιών τύπου διαφράγματος όπως οι δοσομετρικές αντλίες και οι βενζιναντλίες αυτοκινήτων. Ειδικά στις δοσομετρικές αντλίες

αυτού του τύπου (σχ. 32α) υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς μεταβολής (ρύθμισης) του μήκους εμβολισμού (άρα και της παροχής) και δεν απαιτείται ρύθμιση στροφών, όπως στην περίπτωση της Κίνησης με ηλεκτροκινητήρα.

### 3.6.1.3 Αντλίες με μαγνητική μετάδοση περιστροφικής κίνησης

Οι αντλίες αυτές είναι ένας τύπος αντλίας χωρίς στυπιοθλίπτη. Ο στυπιοθλίπτης ο οποίος στεγανοποιεί τη διέλευση του άξονα κίνησης μέσα στο κέλυφος δεν είναι εντελώς στεγανός. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που απαιτείται απόλυτη στεγανότητα όπως π.χ. στα πολύ διαβρωτικά υγρά. Τότε χρησιμοποιούνται αντλίες χωρίς στυπιοθλίπτη όπως είναι οι αντλίες με κινητήρα εμβαπτιζόμενου ρότορα και οι αντλίες με μετάδοση μόνιμου μαγνήτη (σχ. 32β). Οι αντλίες αυτές είναι τελείως στεγανές γιατί ο άξονας κίνησης δε διαπερνά το κέλυφος της αντλίας και μεταξύ πρωτεύοντος και δευτερεύοντος υπάρχει διαχωριστικό τοίχωμα.



Σχ. 32 (α) Δοσομετρική αντλία με παλινδρομικό ηλεκτρομαγνήτη και (β) Αντλία με μαγνητική μετάδοση περιστροφικής κίνησης

### 3.6.1.4 Ηλεκτρομαγνητικές αντλίες

Αυτή είναι μία πολύ εξειδικευμένη κατηγορία αντλιών και η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην άμεση δράση ενός μαγνητικού πεδίου επάνω στο μεταφερόμενο φερρομαγνητικό υγρό. Γι' αυτό η χρήση τους περιορίζεται στην άντληση υγρών μετάλλων.

### 3.6.2 Αεροκίνητες αντλίες

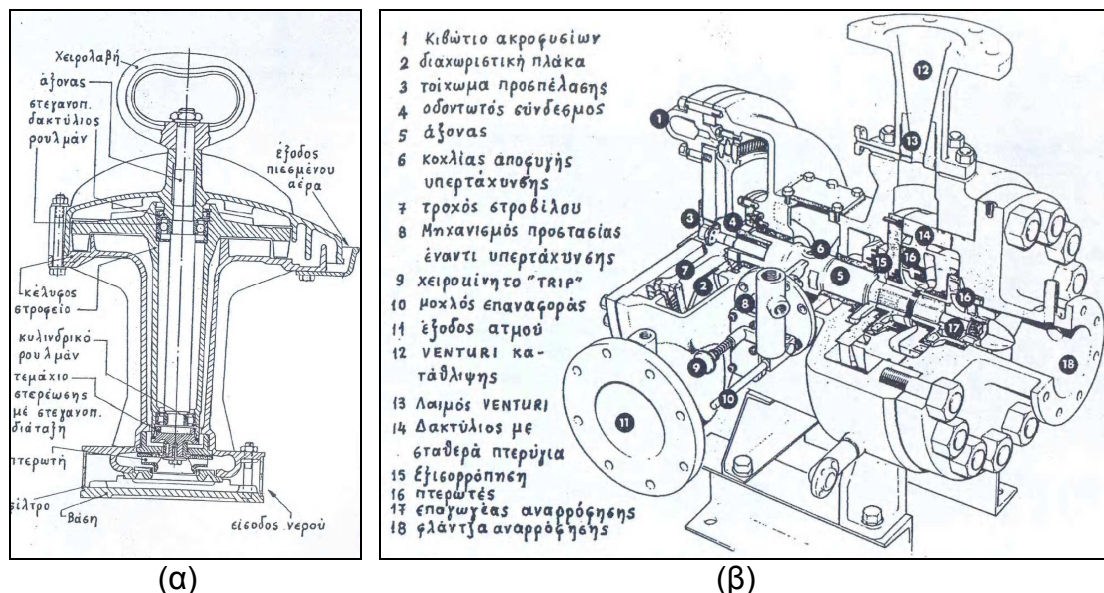
Όταν υπάρχει διαθέσιμος πιεσμένος αέρας η χρήση των αεροκίνητων αντλιών είναι μία πολύ καλή λύση και μάλιστα όταν πρόκειται για φορητές αντλίες αποστραγγίσεων, ακαθάρτων, και υγρών που περιέχουν στερεά. Επίσης η αεροκίνηση συνιστάται όταν θέλουμε αντλία αντιεκρηκτικού τύπου.

Διακρίνουμε τρία είδη αεροκίνητων αντλιών: Με αεροκινητήρα (περιστροφικές), με διαφράγματα (παλινδρομικές) και πνευματικές. Στο σχήμα 33α φαίνεται σε τομή μία φορητή αντλία αποστραγγίσεων με αεροκινητήρα (αεροτουρμπίνα).

### 3.6.3 Ατμοκίνητες αντλίες

Στο σχήμα 33β φαίνεται μία ατμοστροβιλοκίνητη αντλία. Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως ως τροφοδοτικές αντλίες λεβήτων. Μπορούν να αναπτύσσουν υψηλή πίεση (π.χ. 100 BAR) λόγω της μεγάλης ταχύτητας

περιστροφής του ατμοστροβίλου. Για τον ίδιο λόγο όμως είναι απαραίτητες οι ασφαλιστικές διατάξεις για προστασία από υπερτάχυνση. Με τη χρήση μειωτήρων στροφών οι ατμοστροβίλοι χρησιμοποιούνται για την κίνηση αντλιών μεγάλων παροχών και μέσης πίεσης όπως σε αντλίες φορτίου δεξαμενοπλοίων, κ.ά.



Σχ. 33 (α) Αεροκίνητη περιστροφική φορητή αντλία αποστραγγίσεως και (β) Ατμοστροβιλοκίνητη τροφοδοτική αντλία

### 3.6.4 Αντλίες με αεροστροβίλο

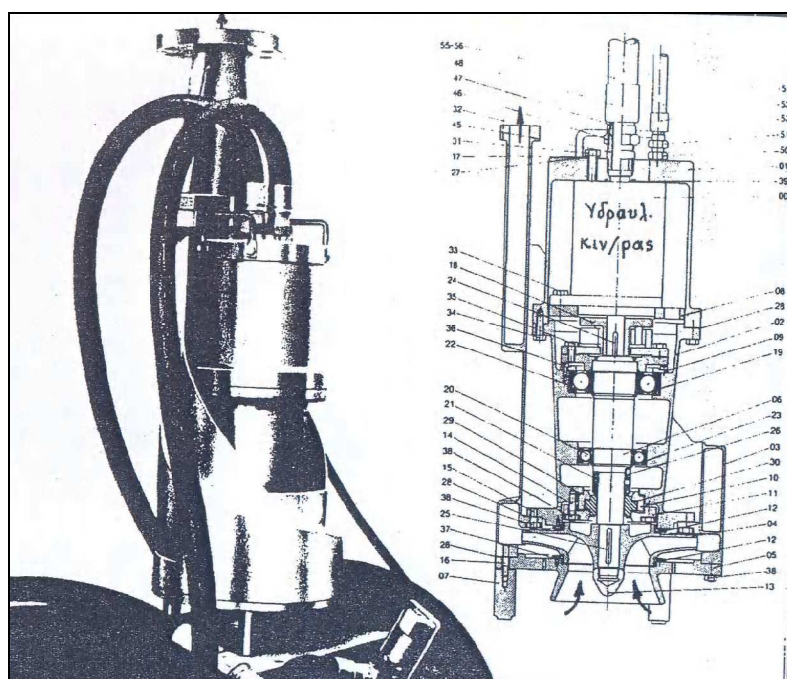
Ο αεροστροβίλος παρουσιάζει μεγάλη συγκέντρωση ισχύος και μπορεί να αντικαταστήσει τον ατμοστροβίλο σε αντλίες φορτίου, και άλλες αντλίες μεγάλης ισχύος. Έχει όμως μικρότερο βαθμό απόδοσης από τις νηξελομηχανές και τους ατμοστροβίλους

### 3.6.5 Αντλίες με υδραυλικό κινητήρα

Οι υδραυλικοί κινητήρες κινούνται με υδραυλικό λάδι που συμπιέζεται από κάποια περιστροφική αντλία θετικής μετατόπισης. Το συμπιεσμένο λάδι μεταφέρεται σε οποιαδήποτε απόσταση με σωλήνες υψηλής πίεσης εύκαμπτους ή μόνιμους, μπαίνει στον κινητήρα αποδίδει την ενέργειά του και επιστρέφει στην αντλία θετ. μετατόπισης για να συμπιεσθεί πάλι. Οι υδραυλικοί κινητήρες παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- α) Μπορούν να λειτουργήσουν ως υποβρύχιοι άρα είναι κατάλληλοι για υποβρύχιες αντλίες
  - β) Έχουν μεγάλη συγκέντρωση ισχύος με μικρό σχετικά όγκο και βάρος
  - γ) Είναι αντικρηκτικού τύπου
  - δ) Όταν η αντλία θετ. μετατόπισης που συμπιέζει το λάδι τους είναι μεταβλητού εκτοπίσματος τότε επιτυγχάνουμε ρύθμιση στροφών του υδραυλικού κινητήρα άρα και της κινούμενης απ' αυτόν αντλίας.
- Οι υδραυλικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται και σε φορητές υποβρύχιες φυγοκεντρικές αντλίες κατάλληλες για πετρελαιοειδή και άλλα παρόμοια υγρά. Μια τέτοια αντλία φαίνεται στο σχ. 34. Οι αντλίες αυτού του Τύπου

χρησιμοποιούνται Κυρίως ως βοηθητικές αντλίες αποστράγγισης ή αντλίες ανάγκης σε δεξαμενόπλοια ή ακόμη και ως κύριες αντλίες φορτίου, σε μόνιμη εγκατάσταση.



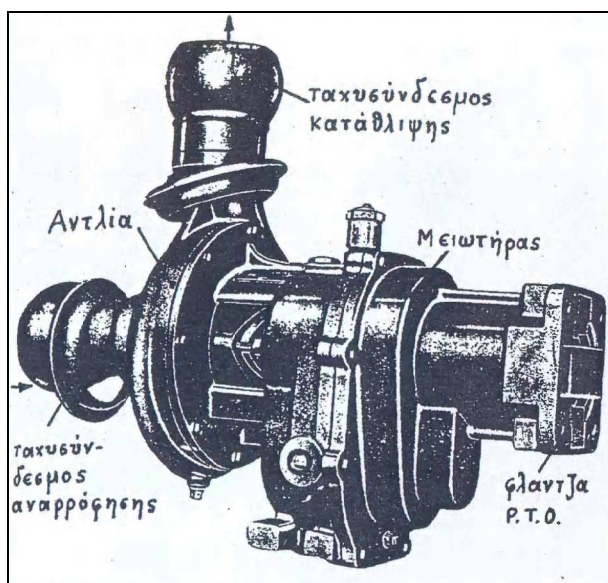
Σχ. 34 Φορητή υποβρύχια αντλία με υδραυλικό κινητήρα

### 3.6.6 Αντλίες με μηχανή εσωτερικής καύσης

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούνται για την κίνηση αντλιών σε αρκετές περιπτώσεις όπως, όταν δεν είναι δυνατή η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος, όταν το αντλητικό συγκρότημα κατασκευάζεται ως εφεδρικό σε περίπτωση ανάγκης (π.χ. αντλία πυρκαγιάς), σε αντλίες βυθοκόρων μεγάλης ισχύος κ.ά.

Οι βενζινομηχανές λόγω μεγαλύτερου κόστους λειτουργίας των χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρές αντλίες με μικρή ισχύ. Οι πετρελαιομηχανές χρησιμοποιούνται σε όλη την περιοχή ισχύων. Μια ειδική περίπτωση ντιζελοκίνητων αντλιών είναι οι “τρακτεραντλίες, που χρησιμοποιούνται για αρδεύσεις στη γεωργία. Η αντλία προσαρμόζεται στον γεωργικά ελκυστήρα (τρακτέρ) όταν ο ελκυστήρας εργάζεται για άρδευση και αφαιρείται όταν ο ελκυστήρας χρησιμοποιείται για άλλες χρήσεις. Η κίνηση δίνεται στην αντλία είτε με ιμάντες από την τροχαλία του ελκυστήρα είτε (όταν είναι κατάλληλη η αντλία) απευθείας από τον δυναμοδότη του ελκυστήρα (σχ. 35).





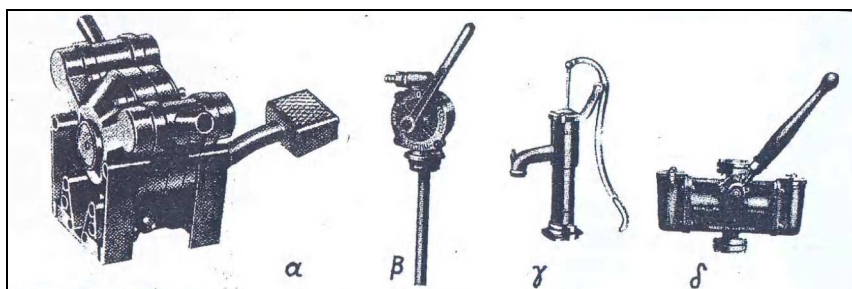
Σχ. 35 Τρακτεραντλία με κίνηση από δυναμοδότη

### 3.6.7 Εξαρτημένες αντλίες

Εξαρτημένες ονομάζονται οι αντλίες που εξυπηρετούν κάποια μηχανή και παίρνουν κίνηση από την ίδια. Η κίνηση προς την αντλία μεταδίδεται με γρανάτζι ή με ιμάντες, όταν η αντλία είναι περιστροφική και με έκκεντρο, όταν πρόκειται για παλινδρομική αντλία.

### 3.6.8 Χειροκίνητες και ποδοκίνητες αντλίες

Οι αντλίες αυτές (σχ. 36) χρησιμοποιούνται για μικρές παροχές (Περίπου 20 lt/min το πολύ) και μανομετρικά ύψη 20-30m. Είναι αντλίες θετικής μετατόπισης, ημiperιστροφικές (σχ. 36β) ή παλινδρομικές (σχ. 36 α, γ, δ) και βρίσκουν εφαρμογή στη βιομηχανία, ναυτιλία, οικιακές χρήσεις κλπ.

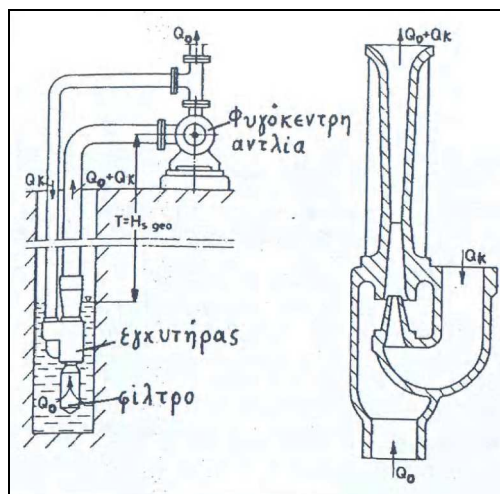


Σχ. 36 Ποδοκίνητη (α) και χειροκίνητες αντλίες (β, γ, δ).

### 3.6.9 Αντλίες με κινητήριο ρευστό (εγχυτήρες)

Το κινητήριο ρευστό όταν είναι υγρό, προϋποθέτει την ύπαρξη μιας άλλης αντλίας από την οποία αποκτά ταχύτητα και πίεση. Όταν το κινητήριο ρευστό είναι αέρας, προϋποτίθεται ένας αεροσυμπιεστής και όταν είναι ατμός, ένας λέβητας. Μια άλλη αρκετά χαρακτηριστική εφαρμογή είναι ο συνδυασμός φυγοκεντρικής αντλίας με εγχυτήρα σε σειρά για άντληση από μεγάλα βάθη. Η διάταξη αυτή φαίνεται στο σχ. 37. Ο εγχυτήρας τοποθετείται στο βάθος της γεώτρησης ή του πηγαδιού, Το κινητήριο νερό (παροχής  $Q_k$ ) που λειτουργεί τον εγχυτήρα παίρνεται με διακλάδωση από την κατάθλιψη της φυγοκεντρικής

αντλίας που είναι εγκαταστημένη στην επιφάνεια του εδάφους. Ο εγχυτήρας αναρροφά την ωφέλιμη παροχή  $Q_0$  και καταθλίβει τη συνολική παροχή  $Q_0 + Q_k$  στην αναρρόφηση της αντλίας υποβοηθούμενος και από την αναρροφητική δράση της αντλίας. Αφού περάσει μέσα από την αντλία η ανακυκλοφορούσα παροχή  $Q_k$  φεύγει πάλι προς τον εγχυτήρα ενώ η ωφέλιμη παροχή  $Q_0$  καταθλίβεται στην κατανάλωση.



Σχ. 37 Άντληση από μεγάλα βάθη με φυγόκεντρη αντλία-εγχυτήρα.

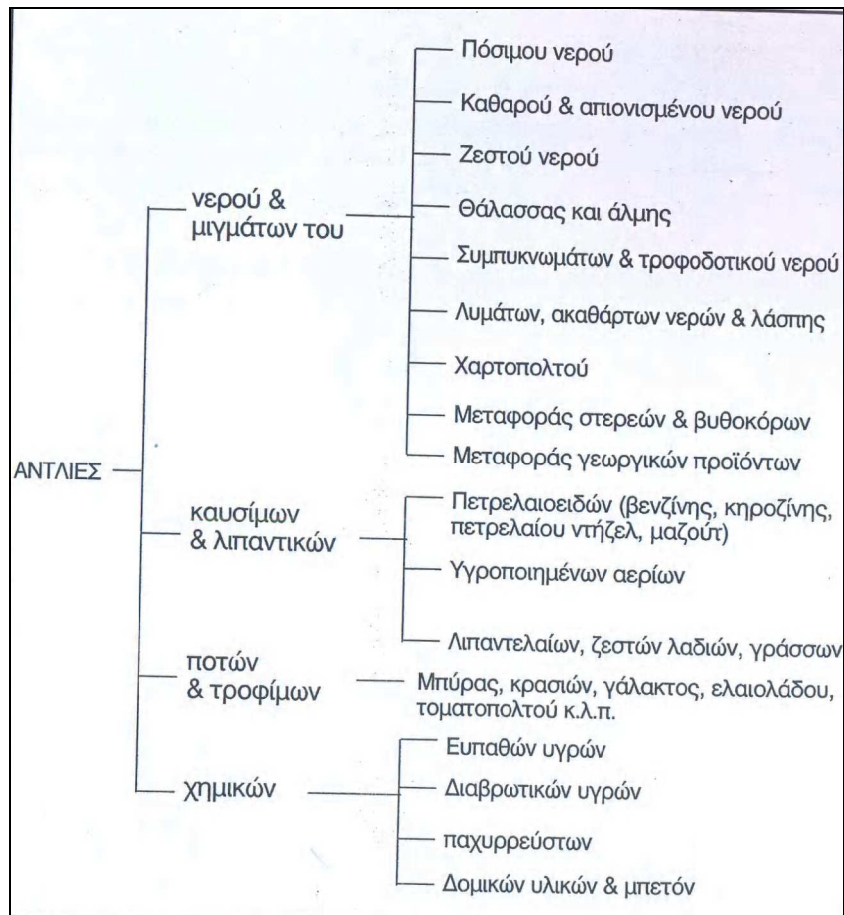
### 3.7 Κατάταξη αντλιών αναφορικά με το είδος του αντλούμενου υγρού

Το είδος του αντλούμενου υγρού αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα στη σχεδίαση και την επιλογή υλικών κατασκευής μιας αντλίας. Μπορούμε να ομαδοποιήσουμε και κατατάξουμε τα διάφορα υγρά και τις αντίστοιχες αντλίες όπως φαίνεται στο σχήμα 38.

#### 3.7.1 Αντλίες νερού & μιγμάτων του

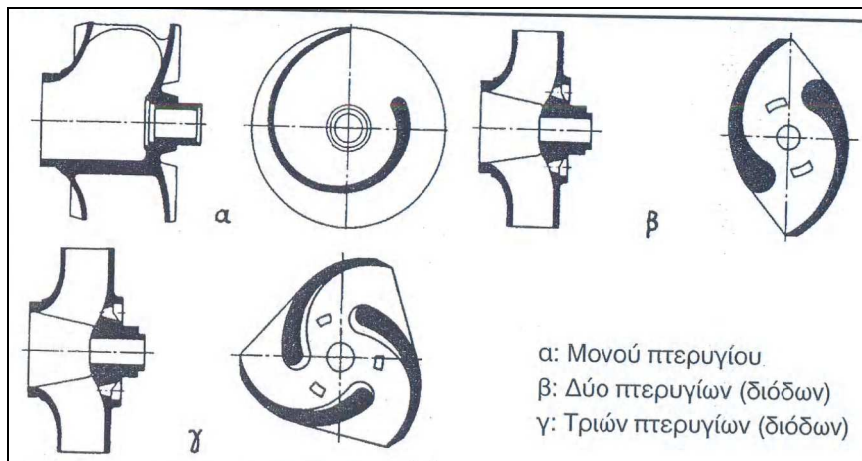
α) Οι αντλίες πόσιμου, καθαρού νερού, ζεστού νερού, θάλασσας, άλμης, τροφοδοτικού νερού λεβήτων και συμπυκνωμάτων είναι συνήθως φυγόκεντρες αντλίες με ανάλογη επιλογή υλικών για κάθε περίπτωση.

β) Ως αντλίες λυμάτων και ακαθάρτων, χαρτοπολτού, μεταφοράς στερεών και μεταφοράς γεωργικών προϊόντων χρησιμοποιούνται συνήθως φυγόκεντρες αντλίες με ειδική μορφή πτερωτών. Επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται κατάλληλες αντλίες θετικής μετατόπισης, όπως, οι διπλού ελαστικού διαφράγματος και οι αντλίες «ΜΟΝΟ».



**Σχ. 38** Κατάταξη αντλιών αναφορικά με το είδος του υγρού

Στο σχ. 39 φαίνονται διάφοροι τύποι πτερωτών φυγοκέντρων αντλιών κατάλληλων για λύματα, ακάθαρτα νερά και λάσπες υπονόμων. Οι πτερωτές αυτές ονομάζονται πτερωτές χωρίς ενσφήνωση ακαθαρσιών. Η πτερωτή του σχ. 39α έχει απεριόριστη δίοδο από την είσοδο προς την έξοδο και είναι κατάλληλη για πολύ ακάθαρτα νερά που περιέχουν μεγάλα τεμάχια. Οι πτερωτές αυτές είναι διαθέσιμες και με ελαφρά μειωμένη δίοδο για μεγαλύτερη απόδοση. Οι πτερωτές του σχ. 39 είναι όλες κλειστές. Υπάρχουν όμως και πτερωτές της ίδιας μορφής, ημίκλειστου τύπου.



**Σχ. 39** Πτερωτές χωρίς ενσφήνωση ακαθαρσιών για φυγοκέντρες αντλίες ακαθάρτων.

### **3.7.2 Αντλίες καυσίμων και λιπαντικών**

Για τη μεταφορά των καυσίμων και των λιπαντικών τη μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκουν οι περιστροφικές αντλίες μετατόπισης επειδή τα υγρά αυτά είναι καθαρά και έχουν λιπαντική ικανότητα. Οι τύποι περιστροφικών αντλιών που κυριαρχούν είναι οι αντλίες με σύρτες, οι γραναζωτές και οι αντλίες με κοχλίες. Σπανιότερα χρησιμοποιούνται και οι εμβολοφόρες. Δεν αποκλείονται επίσης και οι φυγόκεντρες αντλίες. Ιδίως στην περίπτωση απαίτησης μεγάλων παροχών, όπως π.χ. οι αντλίες φορτίου των πετρελαιοφόρων πλοίων, οι φυγόκεντρες αντλίες αποτελούν τη μόνη λύση.

### **3.7.3 Αντλίες Ποτών και Τροφίμων**

Οι αντλίες για τέτοια υγρά όπως, μπίρα, κρασιά, γάλα, κλπ. κατασκευάζονται από ειδικά μέταλλα όπως ανοξείδωτοι χάλυβες, αλουμίνιο, κλπ. Οι εσωτερικές τους επιφάνειες είναι λείες και έχουν εύκολη αποσυναρμολόγηση για να καθορίζονται εύκολα μετά τη χρήση. Συνήθως είναι φυγόκεντρες με πτερωτές ανοικτού, ημίκλειστου, ή κλειστού τύπου, ή περιστροφικές με ελαστική πτερωτή.

### **3.7.4 Αντλίες χημικών ουσιών**

Ο αριθμός των υγρών χημικών ουσιών είναι, θα λέγαμε, απεριόριστος. Η μεταφορά των υγρών αυτών γίνεται με αντλίες διαφόρων τύπων που τα υλικά κατασκευής τους και οι προδιαγραφές τους πρέπει να ανταποκρίνονται στις ιδιότητες του υγρού όπως: θερμοκρασία, πτητικότητα, διαβρωτικότητα ευπάθεια, ιξώδες, περιεκτικότητα σε στερεά, κ.ά. και στις συνθήκες άντλησης, όπως ανάγκη αυτόματης αναρρόφησης, εκρηκτικό ή όχι περιβάλλον, δυνατότητα μετακίνησης της αντλίας, διαθέσιμη ενέργεια κ.ά. Βασικός παράγοντας επιλογής του τύπου της αντλίας είναι η απαιτούμενη παροχή και πίεση. Αλλά και κάθε ένας από τους πιο πάνω παράγοντες συμμετέχει στην επιλογή του τύπου, και των υλικών κατασκευής, της κατάλληλης αντλίας. Έτσι π.χ. η διαβρωτικότητα ενός υγρού, όπως π.χ. τα οξέα, επιβάλλει την κατασκευή από ανθεκτικά υλικά των εξαρτημάτων που έρχονται σε επαφή με το διαβρωτικό υγρό ή την επένδυσή τους με ελαστικό. Μπορεί επίσης να οδηγήσει στη χρήση αντλίας χωρίς στυπιοθλίπτη κ.ο.κ.

## ***3.8 Κατάταξη αντλιών με βάση τη συγκεκριμένη χρήση τους.***

Οι χρήσεις και οι εφαρμογές των αντλιών είναι τόσο πολυποίκιλες, ώστε είναι αδύνατο να αναφερθούν όλες, όπως επίσης και η αντίστοιχη ονοματολογία τους. Μπορούμε όμως να συνοψίσουμε τις βασικότερες και συνηθέστερες εφαρμογές και μαζί τις αντίστοιχες ονομασίες όπως ακολουθεί.

- I. Ανάλογα με τον χρόνο, τη διάρκεια και τον τρόπο χρήσης διακρίνουμε:
  - α. Τις κύριες αντλίες και τις εφεδρικές, όπως επίσης και τις ανταλλακτικές.
  - β. Πλήρους φορτίου και βοηθητικές ή μερικού φορτίου, όπως επίσης και τις αντλίες φορτίου αιχμής.
  - γ. Αντλίες εκκίνησης.
  - δ. Αντλίες ανάγκης.

- II. Σε σχέση με το δίκτυο ή την εγκατάσταση που εξυπηρετούν, έχουμε:
- α. Στον τομέα της υδροοικονομίας (ύδρευση, άρδευση, αποχέτευση, διάθεση αποβλήτων):
1. Αντλίες υδραυλικών έργων.
  2. Τροφοδοσίας.
  3. Υδροφόρες.
  4. Άρδευτικές, γεωτρήσεων.
  5. Απάντλησης.
  6. Αποστράγγισης.
  7. Αποβλήτων και άλλες.
- β. Στον Τομέα της Παραγωγής ενέργειας και της κεντρικής θέρμανσης έχουμε:
1. Αντλίες τροφοδοτικές λεβήτων.
  2. Συμπυκνωμάτων.
  3. Αντιδραστήρων.
  4. Ψύξεως.
  5. Κυκλοφόρητες και άλλες.
- γ. Στον τομέα της χημικής βιομηχανίας και βιομηχανίας τροφίμων συναντούμε:
1. Αντλίες χημικών.
  2. Διυλιστηρίων.
  3. Διεργασιών.
  4. Αναμικτήρες.
  5. Δοσομετρικές αντλίες και άλλες
- δ. Στον ναυπηγικό και ναυτιλιακό τομέα έχουμε:
1. Αντλίες μονίμων και πλωτών δεξαμενών.
  2. Αντλίες φορτίου δεξαμενοπλοίων.
  3. Έρματος.
  4. Κυτών.
  5. Γενικής χρήσης.
  6. Μετάγγισης.
  7. Προώθησης και άλλες.
- ε. Σε άλλες ειδικές εφαρμογές συναντούμε:
1. Αντλίες πυρκαγιάς.
  2. Καταιονισμού.
  3. Βυθοκόρων.
  4. Δοκιμών πίεσης.
  5. Λίπανσης.
  6. Υδροβολής και άλλες.

Για όλες τις πιο πάνω χρήσεις οι τύποι των αντλιών που περιγράψαμε μέχρι τώρα στις προηγούμενες ενότητες. Όμως η ειδική εφαρμογή τους σε κάποια από τις χρήσεις που είδαμε παραπάνω συνεπάγεται πολλές φορές και κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες και διαφοροποιήσεις για την επίδραση που έχει το είδος του αντλούμενου υγρού στη σχεδίαση.

## 4. Υπολογισμοί αντλιών

Στον παρόν κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία των αντλιών καθώς και στις σχέσεις μεταξύ τους. Τα βασικά μεγέθη της Φυσικής π.χ. η ταχύτητα και οι βασικές αρχές, π.χ. η αρχή της συνέχειας, κλπ. θεωρούνται γνωστά.

Στην αρχή του κεφαλαίου θα αναφερθούμε σε μεγέθη και σχέσεις που αφορούν όλους τους τύπους των αντλιών και στη συνέχεια Θα γίνει εξειδίκευση για τις φυγοκεντρικές (δυναμικές) αντλίες για τις οποίες ακολουθεί εφαρμογή. Στον πίνακα του παραρτήματος 1 φαίνονται συγκεντρωτικά τα κυριότερα μεγέθη μαζί με τα σύμβολα τους και τις μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία.

### 4.1 Παροχή

Παροχή  $Q$  της αντλίας ονομάζεται ο χρήσιμος όγκος υγρού που αποδίδεται στο στόμιο κατάθλιψης της αντλίας στη μονάδα του χρόνου. Εκφράζεται σε  $m^3/s$ . Οι διαρροές και ο όγκος υγρού που χρησιμοποιείται για εξισορρόπηση δεν αποτελούν μέρος της παροχής  $Q$ . Σε συνάρτηση με τη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας της αντλίας (παράγραφος 4.4) διακρίνουμε τις παρακάτω ειδικές έννοιες παροχής:

1. Ονομαστική παροχή  $Q_N$ , που είναι η παροχή για την οποία η αντλία παραγγέλλεται και ισχύει για λειτουργία της αντλίας με την ονομαστική ταχύτητα  $n_N$ , στο ονομαστικό ολικό ύψος  $H_N$  και για αντλούμενο υγρό το αναγραφόμενο το συμβατικό υγρό.
2. Ελάχιστη παροχή  $Q_{min}$ , που είναι η ελάχιστη επιτρεπτή παροχή με την οποία η αντλία μπορεί να λειτουργεί συνεχώς χωρίς να υποστεί βλάβη.
3. Μέγιστη παροχή  $Q_{max}$ , που είναι η μέγιστη επιτρεπτή παροχή με την οποία η αντλία μπορεί να λειτουργεί συνεχώς χωρίς να υποστεί βλάβη.
4. Βέλτιστη παροχή  $Q_{opt}$ , που είναι η παροχή στο σημείο μέγιστης απόδοσης στις ονομαστικές στροφές  $n_N$  και για το συμβατικό υγρό.

Παροχής μάζας  $\dot{m}$  μιας αντλίας είναι το γινόμενο,  $\dot{m} = \rho Q$  όπου  $\rho$  είναι η πυκνότητα του αντλούμενου υγρού.

Η παροχή μιας αντλίας καθορίζεται από το μέγεθός της, την ταχύτητα του περιστρεφόμενου ή παλινδρομούντος στοιχείου της και το δίκτυο στο οποίο είναι συνδεδεμένη.

### 4.2 Ύψος στατικό, πίεσης και ταχύτητας

Ένα σημαντικό μέγεθος της υδροδυναμικής είναι το ύψος που είναι η ενέργεια την οποία έχει η μονάδα βάρους του υγρού σε κάποιο σημείο. Η ενέργεια αυτή εκφράζεται σε  $m$  γιατί είναι το ύψος στήλης του ίδιου υγρού που περιέχει το ίδιο ποσό ενέργειας. Η ενέργεια αυτή εμφανίζεται με τρεις μορφές που μετατρέπονται η μία στην άλλη:

α) Το στατικό ύψος που οφείλεται στην ανύψωση  $z$  του υγρού πάνω από ένα επίπεδο αναφοράς που επιλέγουμε αυθαίρετα.

β) Το ύψος πίεσης που οφείλεται στη (στατική) πίεση  $p$  του υγρού και είναι ίσο

με  $\frac{p}{\rho g}$  όπου  $\rho$  είναι η πυκνότητα του υγρού. Αν ένας ανοικτός μανομετρικός

σωλήνας τοποθετηθεί κάθετα προς τη ροή, το υγρό μέσα σ' αυτόν θα ανέβει σε ύψος ίσο με  $\frac{P}{\rho g}$  (το  $\rho g$  είναι το ειδικό βάρος του υγρού).

γ) Το κινηματικό ύψος ή ύψος ταχύτητας που οφείλεται στην ταχύτητα  $v$  του υγρού και είναι ίσο με  $\frac{v^2}{2g}$ . Αυτό μπορεί να μετρηθεί με ένα σωλήνα PITOΤ που «βλέπει» τη ροή του υγρού.

Η ολική ενέργεια της μονάδας βάρους του υγρού που λέγεται και ολικό ύψος είναι το άθροισμα αυτών των τριών υψών  $h = \frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z$ . Για ένα ιδανικό

υγρό που δεν παρουσιάζει απώλειες τριβών και για σταθερή ροή το  $h$  είναι σταθερό για οποιοδήποτε σημείο της ροής (αρχή διατήρησης της ενέργειας — θεώρημα BERNOULLI). Για πραγματικά υγρά μεταξύ δύο σημείων 1 και 2 της ροής ισχύει  $h_1 = h_2 + H_v$  όπου  $H_v$  είναι η απώλεια ύψους λόγω τριβών.

#### **4.2.1 Ολικό ύψος αντλίας**

Ολικό ύψος αντλίας ( $H$ ) ονομάζεται η χρήσιμη μηχανική ενέργεια που μεταδίδεται από την αντλία στη μονάδα βάρους του υγρού και είναι ίσο με τη διαφορά:

$H = h_D - h_S$  όπου,  $h_D$  = ολικό ύψος κατάθλιψης και  $h_S$  = ολικό ύψος αναρρόφησης. Ως επίπεδο αναφοράς συνήθως λαμβάνεται το διερχόμενο από τον άξονα της αντλίας για οριζόντιες αντλίες και για κατακόρυφες το διερχόμενο από το «μάτι» της πτερωτής εισόδου.

Ο καθορισμός του ολικού ύψους της αντλίας από τις μανομετρικές ενδείξεις στην αναρρόφηση και την κατάθλιψη δίνεται από τη σχέση (σχ. 40):

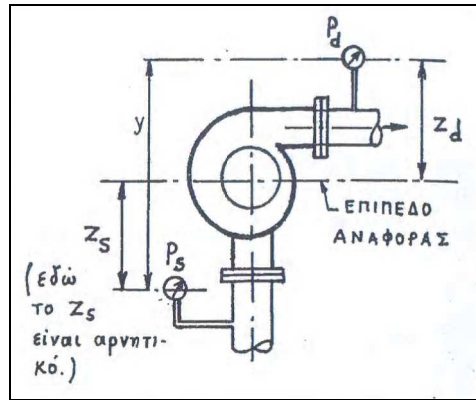
$$H = \frac{P_d - P_s}{\rho g} + \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} + z_d - z_s$$

όπου  $z_d - z_s = y$  η κατακόρυφη απόσταση των μανομέτρων.

Οι τρόποι ένδειξης της πίεσης είναι τρεις, η Μανομετρική, η Απόλυτη και το Κενό. Ένα μανόμετρο πίεσης δείχνει

πίεσεις πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση ενώ ένα κενόμετρο που λέγεται και μανόμετρο αναρρόφησης δείχνει πιέσεις κάτω από την ατμοσφαιρική. Όταν ένα μανόμετρο πίεσης δείχνει πίεση  $p_\mu$  (πάνω από την ατμοσφαιρική), η απόλυτη πίεση είναι  $p_b + p_\mu$ , όπου  $p_b$  είναι η ατμοσφαιρική (βαρομετρική) πίεση. Όταν υπάρχει πίεση κάτω από την ατμοσφαιρική αυτή μπορεί να δοθεί με δύο τρόπους: α) ως κενό και β) ως απόλυτη πίεση.

Το ύψος  $H$  είναι ανεξάρτητο της πυκνότητας  $\rho$  του υγρού, δηλαδή μία αντλία θα δημιουργεί το ίδιο ύψος  $H$  για όλα τα υγρά ανεξάρτητα από την πυκνότητά τους  $\rho$ . Η πυκνότητα  $\rho$  καθορίζει την πίεση μέσα στην αντλία και την ισχύ εισόδου.

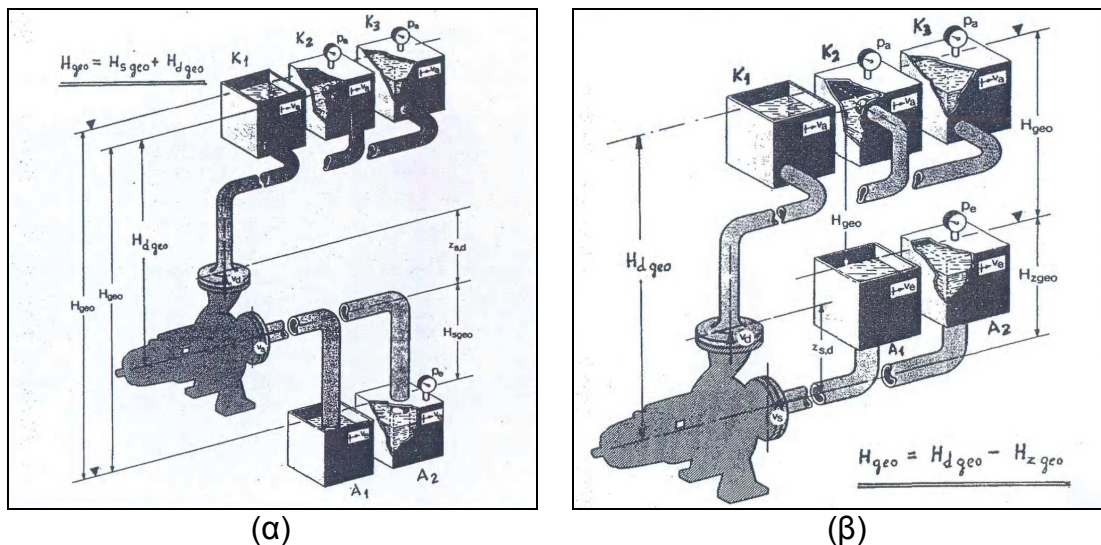


Σχ. 40 Καθορισμός ολικού ύψους αντλίας από τις μανομετρικές ενδείξεις

#### 4.2.2 Ολικό ύψος αντλητικού συστήματος

Το ολικό ύψος συστήματος  $H_A$  (που σε λειτουργία είναι ίσο με το ολικό ύψος  $H$  της αντλίας (βλ. παρ. 4.2.6) αποτελείται από τα παρακάτω επί μέρους ύψη, (βλέπε σχ. 41) με βάση το θεώρημα BERNOULLI:

- Το στατικό ύψος  $H_{geo}$ , που είναι η υψομετρική διαφορά μεταξύ των επιφανειών του υγρού της δεξαμενής αναρρόφησης και της δεξαμενής κατάθλιψης. Αν ο σωλήνας κατάθλιψης αναδύεται επάνω από την επιφάνεια του υγρού στη δεξαμενή κατάθλιψης τότε το  $H_{geo}$  αναφέρεται στο κέντρο της διατομής εξόδου του σωλήνα (δεξαμενή  $K_2$ ). Όταν η επιφάνεια του υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης βρίσκεται κάτω από το κέντρο του στομίου εισόδου της αντλίας έχουμε ανύψωση αναρρόφησης. Η (κατακόρυφη) απόσταση  $H_{geo}$  μεταξύ κέντρου στομίου εισόδου και επιφάνειας υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης λέγεται στατικό ύψος ανύψωσης αναρρόφησης και αποτελεί μέρος του  $H_{geo}$  (σχ. 41α). Όταν όμως η επιφάνεια του υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης βρίσκεται ψηλότερα από το κέντρο του στομίου εισόδου, η απόστασή τους  $H_{zgeo}$  λέγεται στατικό ύψος θετικής αναρρόφησης και δεν αποτελεί μέρος του  $H_{geo}$  (σχ. 41β).



Σχ. 41 Αντλητικό σύστημα (α) με ανύψωση αναρρόφησης και (β) με θετική αναρρόφηση



- Το  $\frac{P_a - P_e}{\rho g}$ , που είναι το ύψος διαφοράς πίεσης μεταξύ των επιφανειών υγρού αναρρόφησης και κατάθλιψης στα κλειστά συστήματα (δεξαμενές  $A_2$  και  $K_2, K_3$ ). Στα ανοικτά συστήματα (δεξαμενές  $A_1$  και  $K_1$ ) το ύψος διαφοράς πίεσης είναι μηδέν.
- Το  $\Sigma H_v$ , που είναι το άθροισμα όλων των απωλειών ύψους (πίεσης) (τριβές στις σωληνώσεις, βαλβίδες, εξαρτήματα κλπ. από την αναρρόφηση μέχρι την κατάθλιψη).
- Το  $\frac{v_a^2 - v_e^2}{2g}$ , που είναι το ύψος διαφοράς ταχύτητας στις διατομές εισόδου και εξόδου της εγκατάστασης.

Έτσι το ολικό ύψος του αντλητικού συστήματος  $H_A$  είναι:

$$H_A = H_{geo} + \frac{P_a - P_e}{\rho g} + \frac{v_a^2 - v_e^2}{2g} + \Sigma H_v$$

### 4.3 Ισχύς αντλίας

Εισερχόμενη ισχύς  $N$  είναι η ισχύς που μεταβιβάζεται στον άξονα της αντλίας από τον κινητήρα και υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$N = \frac{\rho g Q H}{\eta} \text{ σε KW}$$

Όπου  $\eta$  είναι ο βαθμός απόδοσης (ολικός) της αντλίας.

Αποδιδόμενη ισχύς  $N_D$  της αντλίας είναι το γινόμενο:

$$N_D = \rho g Q H$$

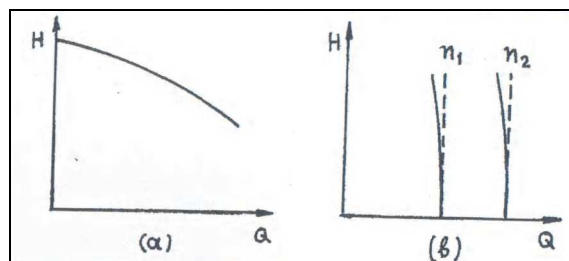
Ολικός βαθμός απόδοσης μιας αντλίας  $\eta$  είναι ο λόγος  $\frac{N_D}{N}$ . Η εισερχόμενη ισχύς  $N$  υπερβαίνει την αποδιδόμενη ισχύ  $N_D$  καθώς τις απώλειες που οφείλονται σε διαρροές, στροβιλισμούς, τριβές υγρού και απώλειες διακένων καθώς και τις μηχανικές τριβές. Οι απώλειες που υπάρχουν στο σήμα μετάδοσης ισχύος ή στον μειωτήρα δε θεωρούνται σαν απώλειες της αντλίας.

#### 4.3.1 Ισχύς κινητήρα

Η ονομαστική ισχύς του κινητήρα είναι μεγαλύτερη από την εισερχόμενη ισχύ της αντλίας κατά ένα ποσοστό που λέγεται περιθώριο ασφάλειας και κατά τις απώλειες της μετάδοσης κίνησης (αν υπάρχουν) από τον κινητήρα στην αντλία. Το περιθώριο ασφαλείας κυμαίνεται μεταξύ 40% και 10% και είναι μεγαλύτερο στις μικρές αντλίες και μικρότερο στις μεγάλες. Επιλέγεται από τον κατασκευαστή της αντλίας με βάση την πρακτική του, εκτός αν καθορισθεί από τον αγοραστή της αντλίας. Εάν αναμένονται υπερβολικές διακυμάνσεις ροής, η ονομαστική ισχύς του κινητήρα πρέπει να επιλέγεται για τη μέγιστη δυνατή παροχή της αντλίας από τις καμπύλες λειτουργίας.

### 4.4 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας αντλιών

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας μιας αντλίας εμφανίζουν γραφικά τη μεταβολή των χαρακτηριστικών μεγεθών της (ολικού ύψους, εισερχόμενης ισχύος, βαθμού απόδοσης) σε συνάρτηση με την παροχή  $Q$ . Η καμπύλη  $Q$ - $H$  είναι η σημαντικότερη χαρακτηριστική καμπύλη κάθε αντλίας. Το σχήμα της εξαρτάται κυρίως από την κατηγορία και τον τύπο της αντλίας.



**Σχ. 42** Χαρακτηριστικές  $Q$ - $H$  (α) δυναμικών αντλιών και (β) αντλιών θετικής μετατόπισης

Οι δυναμικές αντλίες για σταθερή ταχύτητα παρουσιάζουν μια αύξηση της παροχής  $Q$  καθώς το ύψος  $H$  ελαττώνεται και αντίστροφα ελάττωση της παροχής καθώς το ύψος  $H$  αυξάνεται. Παρουσιάζουν δηλαδή μια αυτορύθμιση της παροχής. Οι χαρακτηριστικές  $Q$ - $H$  των δυναμικών αντλιών έχουν τη μορφή του σχ. 42α. Στις αντλίες θετικής μετατόπισης οι χαρακτηριστικές  $Q$ - $H$  είναι θεωρητικά ευθείες κάθετες στον άξονα της παροχής. Κάθε ευθεία αντιστοιχεί σε ορισμένο αριθμό στροφών. Όμως επειδή υπάρχουν διαρροές από την πλευρά της υψηλής πίεσης προς την πλευρά της χαμηλής πίεσης, οι οποίες αυξάνονται όταν αυξάνεται η πίεση (το ύψος  $H$ ), στην πραγματικότητα οι χαρακτηριστικές καμπύλες αποκλίνουν προς τα αριστερά (σχ. 42β).

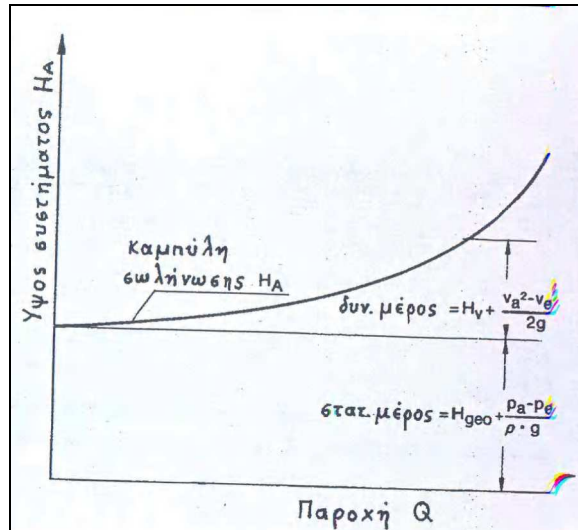
#### 4.5 Χαρακτηριστική καμπύλη $Q$ - $H$ αντλητικού συστήματος

Η καμπύλη αυτή είναι η γραφική παράσταση της μεταβολής του ολικού ύψους  $H_A$  του αντλητικού συστήματος δηλ. της σωλήνωσης σε συνάρτηση με τη μεταβολή της παροχής  $Q$  (σχ. 43). Η καμπύλη αυτή αποτελείται από το στατικό και δυναμικό μέρος του  $H_A$ . Το στατικό μέρος αποτελείται από το στατικό ύψος  $H_{geo}$  (που είναι ανεξάρτητο από την παροχή) και το ύψος διαφοράς πίεσης  $\frac{P_a - P_e}{\rho g}$  (που δεν υπάρχει για ανοικτό σύστημα). Το

δυναμικό μέρος αποτελείται από τις απώλειες ύψους  $H_v$ , που αυξάνονται με το τετράγωνο της παροχής και το ύψος διαφοράς ταχύτητας.

#### 4.6 Σημείο Λειτουργίας

Αν χαράξουμε τη χαρακτηριστική  $Q$ - $H$  μιας αντλίας (σχ. 42) συντεταγμένων και με την ίδια κλίμακα με τη χαρακτηριστική  $Q$ - $H$  του αντλητικού συστήματος που εξυπηρετεί η αντλία (σχ. 43), τότε το σημείο τομής των δύο καμπύλων καθορίζει το σημείο λειτουργίας του συστήματος, δηλαδή το ύψος και την παροχή, με τα οποία λειτουργεί η αντλία. Είναι φανερό ότι η σωστή επιλογή της αντλίας σκοπεύει στο να βρίσκεται το σημείο λειτουργίας στην περιοχή μέγιστης λειτουργίας της αντλίας και όσο το δυνατό πλησιέστερα στο σημείο της μέγιστης απόδοσης.



Σχ. 43 Χαρακτηριστική Q-H<sub>A</sub> συστήματος (σωλήνωσης)

#### 4.7 Περιστροφική ταχύτητα

Η περιστροφική ταχύτητα  $n$  των δυναμικών αντλιών και των περιστροφικών αντλιών θετικής μετατόπισης μετριέται σε στροφές ανά λεπτό και προσδιορίζεται από το είδος του κινητήρα. Οι δυνατές περιστροφικές ταχύτητες αντλιών που συνδέονται απευθείας με τριφασικούς επαγωγικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα φαίνονται κατά προσέγγιση στον παρακάτω πίνακα σε συνάρτηση με τον αριθμό των πόλων του κινητήρα και τη συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος .

Αριθ. πόλων \ Συχνότητα	2	4	6	8	10	12	14
50 Hz	2900	1450	960	725	580	480	415
60 Hz	3500	1750	1160	875	700	580	500

#### 4.8 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας φυγοκεντρικών αντλιών

Εδώ θα εκβαθύνουμε και θα εξειδικεύσουμε για τις φυγοκεντρικές αντλίες όσα γενικά αναφέρθηκαν στις παραγράφους 4.4 και 4.5 του παρόντος κεφαλαίου. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες που δίνονται από τον κατασκευαστή της αντλίας έχουν συνήθως τη μορφή του σχ. 44. Εάν δεν αναφέρεται διαφορετικά, ισχύουν για  $p_b=760\text{mmHg}$  και για καθαρό νερό θερμοκρασίας  $20^\circ$ , δηλαδή για υγρό πυκνότητας  $\rho=1\text{kg/l}$  και κινηματικού ιξώδους  $\nu=1\text{mm}^2/\text{s}$ .

Αναφέρονται σε μια συγκεκριμένη περιστροφική ταχύτητα (ονομαστική) (βλ. και παράγραφος 4.6) και δίνονται για μια ομάδα πτερωτών του ίδιου τύπου με διαφορετικές διαμέτρους. Στο παράδειγμα του σχ. 44 η ονομαστική ταχύτητα είναι  $n = 1450 \text{ l/min}$  και οι διάμετροι των πτερωτών είναι 200, 220, 240 και 260 mm.

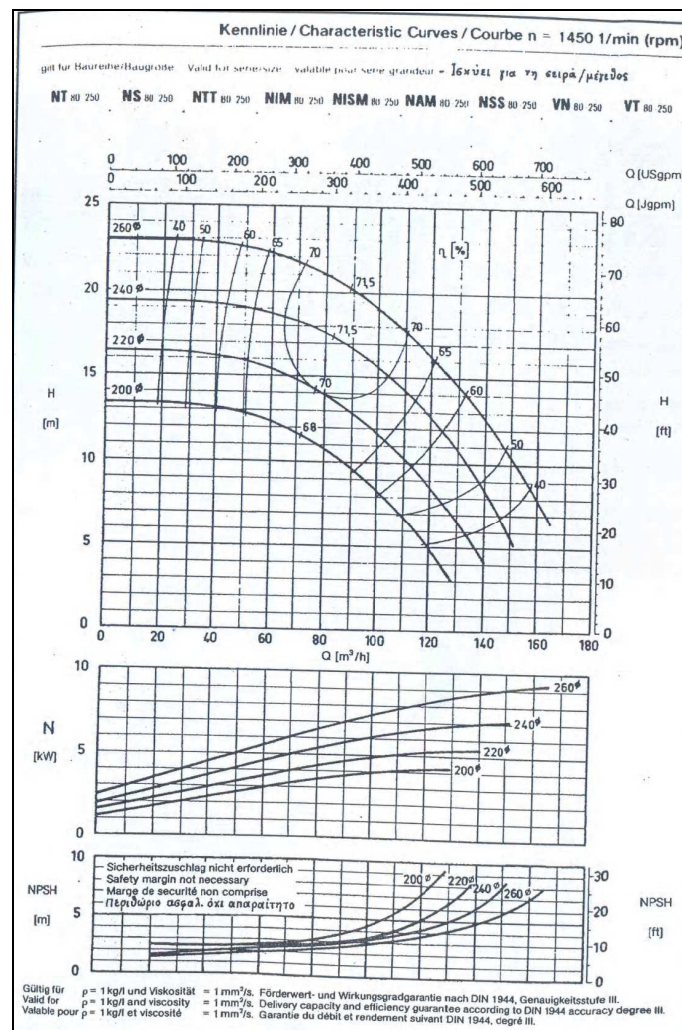
Σημειωτέων ότι οι περρωτές δεν είναι γεωμετρικά όμοιες. Στην ομάδα των χαρακτηριστικών Q-H δίνονται ταυτόχρονα και οι καμπύλες σταθερού βαθμού απόδοσης  $\eta$  (%).

#### 4.8.1 Η χαρακτηριστική Q-H

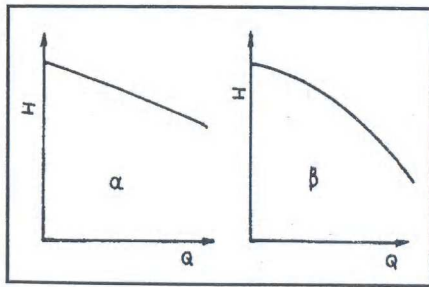
Η χαρακτηριστική Q-H καθορίζεται με τη μέτρηση του ύψους  $H$  όταν μεταβάλλεται η παροχή  $Q$  με στραγγαλισμό της ροής στον σωλήνα κατάθλιψης. Γι' αυτό λέγεται και καμπύλη στραγγαλισμού. Ο αριθμός στροφών  $n$  παραμένει σταθερός.

Εάν η καμπύλη Q-H έχει μια συνεχή αρνητική κλίση ως προς τον άξονα της  $Q$ , ονομάζεται ευσταθής (σχ. 45 α και β). Όταν δεν παρουσιάζει συνεχή αρνητική κλίση η χαρακτηριστική λέγεται ασταθής (σχ. 46 α και β), γιατί δεν αντιστοιχεί μόνο μία τιμή του  $Q$  για κάθε τιμή του  $H$ , σε μια περιοχή της καμπύλης (περιοχή ασταθούς λειτουργίας).

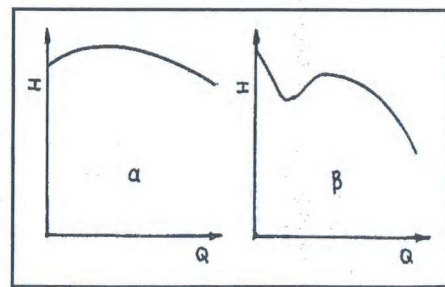
Μια άλλη διάκριση που γίνεται για τις χαρακτηριστικές Q-H είναι η διάκριση σε καμπύλες ομαλής πτώσης και απότομης πτώσης (σχ. 47). Στη χαρακτηριστική απότομης πτώσης η παροχή μεταβάλλεται λιγότερο απ' ό,τι στη χαρακτηριστική ομαλής πτώσης για την ίδια μεταβολή ύψους  $\Delta H$ . Έτσι η χαρακτηριστική απότομης πτώσης παρουσιάζει καλύτερο έλεγχο.



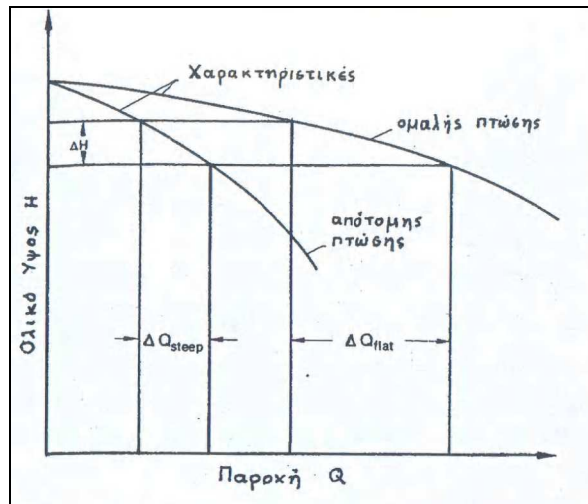
Σχ. 44 Παράδειγμα χαρακτηριστικών καμπύλων για φυγοκεντρικές αντλίες



Σχ. 45 Ευσταθείς χαρακτηριστικές



Σχ. 46 Ασταθείς χαρακτηριστικές



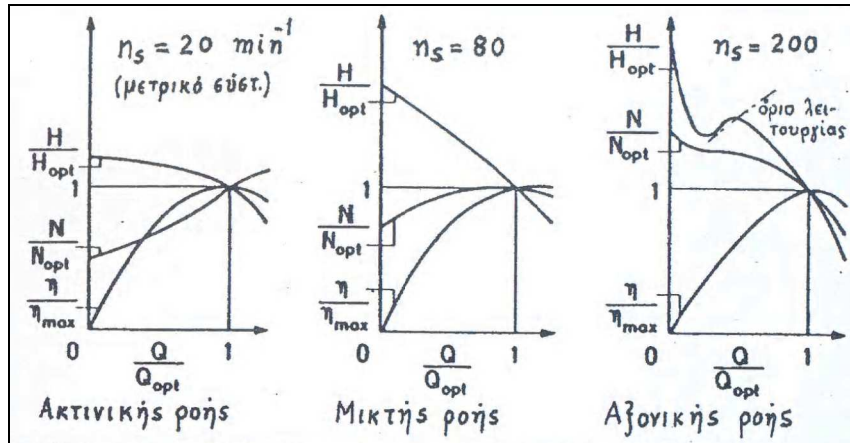
Σχ. 47 Χαρακτηριστικές Q-H ομαλής και απότομης πτώσης

#### 4.8.2 Η επίδραση της ειδικής ταχύτητας στη μορφή των χαρακτηριστικών καμπύλων

Στο σχήμα 48 είναι χαραγμένες οι χαρακτηριστικές Q-H, Q-N και Q-η σε ποσοστά της εκάστοτε βέλτιστης τιμής για διάφορους τύπους πτερωτών, δηλαδή για διάφορες  $n_s$ .

Καθώς η  $n_s$  αυξάνεται, η χαρακτηριστική Q-H γίνεται όλο και περισσότερο απότομης πτώσης. Ειδικά στις αντλίες με υψηλή ειδική ταχύτητα (αντλίες μικτής και αξονικής ροής) παρατηρούμε στη χαρακτηριστική Q-H μία βύθιση στην περιοχή του μερικού φορτίου. Η βύθιση αυτή οφείλεται σε αποκόλληση της ροής στα πτερύγια και σε δίνες (σχ. 48) που δημιουργούνται όταν η αντλία λειτουργεί σε μερικό φορτίο, δηλαδή σε μεγάλα ολικά ύψη (π.χ. όταν λειτουργεί με μεγάλο στραγγαλισμό στην κατάθλιψη).

Η αποκόλληση ροής και οι δίνες είναι φαινόμενα ασταθούς ροής και οδηγούν σε ταλαντώσεις του υγρού και κραδασμούς των μερών της αντλίας που οδηγούν το υγρά. Η περιοχή αυτή λειτουργίας πρέπει να περνιέται γρήγορα κατά το ξεκίνημα και σταμάτημα της αντλίας για αποφυγή έντονων κραδασμών, θορύβου και πιθανώς σπληαίωσης. Συνεχής λειτουργία της αντλίας επιτρέπεται μόνο επάνω από το ονομαζόμενο όριο λειτουργίας, δηλαδή για παροχές όχι μικρότερες από την παροχή που αντιστοιχεί στο όριο λειτουργίας.

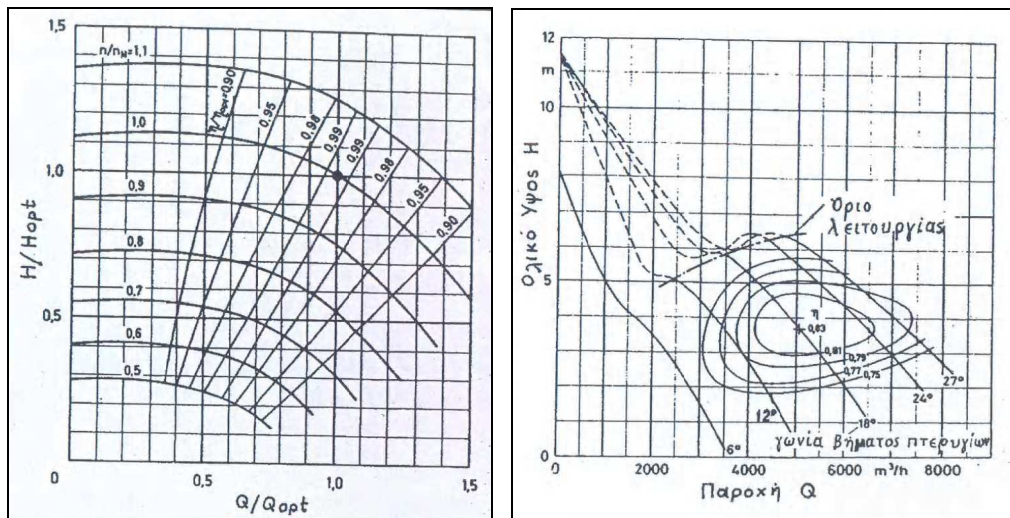


Σχ. 48 Χαρακτηριστικές δυναμικών αντλιών με διάφορες ειδικές ταχύτητες

Η χαρακτηριστική Q-N των αντλιών χαμηλής ειδικής ταχύτητας έχει την ελάχιστη τιμή της όταν  $Q=0$  δηλαδή όταν η κατάθλιψη είναι τελείως κλειστή και παρουσιάζει γρήγορη και συνεχή αύξηση της ισχύος με την αύξηση της παροχής. Αντίθετα στις αντλίες υψηλής ειδικής ταχύτητας η ισχύς γίνεται μέγιστη όταν η κατάθλιψη είναι τελείως κλειστή ( $Q=0$ ) και ελαττώνεται συνεχώς με την αύξηση της παροχής.

#### 4.8.3 Διαγράμματα λειτουργίας

Για ειδικές αντλίες, όπως π.χ. οι αντλίες με ρύθμιση στροφών, ή οι αξονικές αντλίες με πτερύγια ρυθμιζόμενου βήματος, οι κατασκευαστές δίνουν ομάδες χαρακτηριστικών Q-H για διάφορες τιμές του μεταβαλλόμενου μεγέθους που λέγονται διαγράμματα λειτουργίας (σχ. 49 και 50).

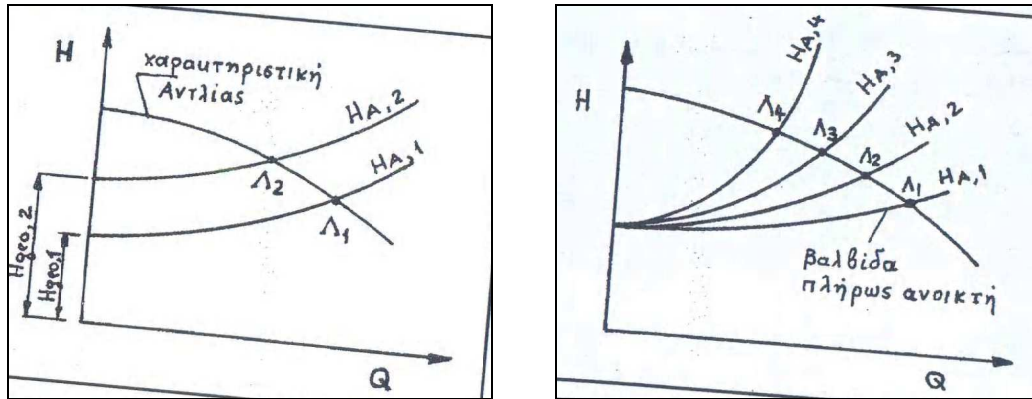


Σχ. 49 (α) Διάγραμμα λειτουργίας φυγόκεντρης αντλίας με ρύθμιση στροφών και (β) Διάγραμμα λειτουργίας αξονικής αντλίας με ρυθμιζόμενο βήμα πτερυγίων

#### 4.9 Μεταβολή του σημείου λειτουργίας

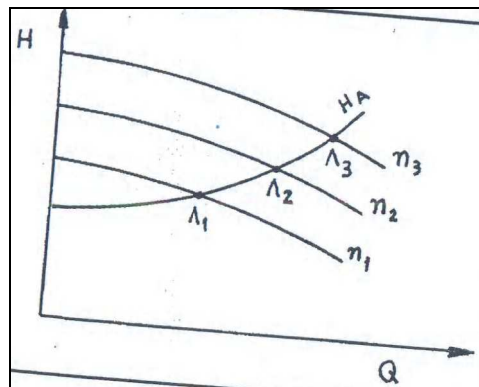
Το σημείο λειτουργίας (βλ. παρ. 4.6) μιας Φυγόκεντρικής (δυναμικής) αντλίας μπορεί να μεταβληθεί κατά δύο τρόπους:

με τη μεταβολή της χαρακτηριστικής  $Q-H_A$  της εγκατάστασης και με τη μεταβολή της χαρακτηριστικής  $Q-H$  της αντλίας. Η μεταβολή της χαρακτηριστικής  $Q-H_A$  της σωληνογραμμής συνήθως γίνεται με μεταβολή του στατικού ύψους  $H_{geo}$  (σχ. 50α) ή με τη μεταβολή των απωλειών τριβής  $H_v$  (σχ. 50β) της σωλήνωσης.



**Σχ. 50** (α) Μεταβολή του σημείου λειτουργίας λόγω μεταβολής του στατικού ύψους και (β) Μεταβολή του σημείου λειτουργίας με βαθμιαίο κλείσιμο της βαλβίδας κατάθλιψης

Η Μεταβολή της χαρακτηριστικής  $Q-H$  της αντλίας μπορεί να γίνει με τη μεταβολή της ταχύτητας  $n$  (σχ. 51) ή με κάποια μεταβολή της πτερωτής όπως π.χ. αντικατάσταση της πτερωτής με άλλη διαφορετικής διαμέτρου (σχ. 44).



**Σχ. 51** Μεταβολή του σημείου λειτουργίας με αύξηση των στροφών της αντλίας

#### 4.10 Ρύθμιση των δυναμικών αντλιών

Ρύθμιση μιας αντλίας λέγεται η μεταβολή του σημείου λειτουργίας της (βλ. παρ. 4.5) ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή παροχή  $Q$  για κάποιο συγκεκριμένο ύψος συστήματος  $H_A$ . Οι Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση των δυναμικών αντλιών είναι οι εξής:

1. Με αλλαγή της χαρακτηριστικής της σωλήνωσης με στραγγαλισμό
2. Με μεταβολή της χαρακτηριστικής  $Q-H$  της αντλίας
3. Με παράκαμψη

Στις μεθόδους 1 και 2 αναφερθήκαμε και στην προηγούμενη παράγραφο 4.9

Εδώ θα δώσουμε περισσότερες λεπτομέρειες και θα αξιολογήσουμε τις διάφορες μεθόδους από οικονομική άποψη.

#### **4.10.1 Αλλαγή χαρακτηριστικής της σωληνογραμμής**

Εάν σε ένα σύστημα επιθυμούμε την ελάττωση της παροχής της αντλίας μπορούμε να μεταβάλουμε τη χαρακτηριστική  $H_A$  της σωληνογραμμής με στραγγαλισμό. Η αλλαγή της διαμέτρου των σωλήνων σχεδόν πάντοτε είναι ανέφικτη. Ο στραγγαλισμός γίνεται είτε με βαλβίδες (επιστόμια, βάνες, περιστροφικές βαλβίδες, που είναι ενσωματωμένες στις σωληνώσεις, είτε με την τοποθέτηση πλάκας με οπή που λέγεται και πλάκα στραγγαλισμού.

Αυτή η μέθοδος ρύθμισης παρουσιάζει σημαντικές απώλειες και συνεπάγεται υψηλό κόστος λειτουργίας γιατί το ολικό ύψος που δημιουργεί η αντλία σε χαμηλές παροχές μόνο μερικώς ζητείται από τη σωλήνωση και το υπόλοιπο μετατρέπεται σε θερμότητα του υγρού. Ο στραγγαλισμός είναι μια φθηνή μέθοδος από άποψη κόστους εγκατάστασης αλλά η οικονομία στη λειτουργία Πρέπει να διερευνηθεί πριν υιοθετηθεί, Ιδιαίτερα στην περίπτωση των αντλιών μεγάλης ισχύος. Γι' αυτό και χρησιμοποιείται κυρίως για μικρές φυγοκεντρικές αντλίες. Το είδος των αντλιών που προσφέρεται καλύτερα για ρύθμιση με αυτή τη μέθοδο σε ολόκληρη την περιοχή της χαρακτηριστικής τους είναι κυρίως οι αντλίες ακτινικής ροής (μικρής ειδικής ταχύτητας) που έχουν χαρακτηριστικές Q-H ομαλής πτώσης και ορισμένες αντλίες μικτής ροής.

Ο στραγγαλισμός πρέπει πάντοτε να λαμβάνει χώρα στην πλευρά της κατάθλιψης της αντλίας και όχι της αναρρόφησης για αποφυγή σπηλαίωσης. Στραγγαλισμός στην αναρρόφηση γίνεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπου είναι αδύνατο να γίνει στην κατάθλιψη.

#### **4.10.2 Αλλαγή χαρακτηριστικής Q-H της αντλίας**

Με αυτή τη μέθοδο ρύθμισης επιδιώκουμε η αντλία να δημιουργεί τόσο ύψος  $H$  όσο απαιτείται από την εγκατάσταση για την επιθυμητή παροχή  $Q$ . Γι' αυτό και η μέθοδος αυτή είναι η πιο οικονομική από άποψη κόστους λειτουργίας. Ο οικονομικότερος (από άποψη κόστους λειτουργίας) απ' όλους τους τρόπους ρύθμισης που ανήκουν στην 2η μέθοδο είναι η ρύθμιση της περιστροφικής ταχύτητας  $n$ . Η δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας εξαρτάται από το είδος κίνησης της ρυθμιστική βαλβίδας.

Εκτός από τη ρύθμιση των στροφών, στην 2η μέθοδο ανήκουν και οι παρακάτω τρόποι αλλαγής της χαρακτηριστικής της αντλίας:

1. Η αλλαγή της ροής στην είσοδο της αντλίας με ρυθμιζόμενα οδηγητικά πτερύγια εισόδου που προσδίδουν μια περιστροφική κίνηση στο υγρό πριν εισέλθει στην πτερωτή.
2. Ειδικά στις αντλίες αξονικής ροής υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης παροχής με ρύθμιση της γωνίας βήματος των πτερυγίων της πτερωτής.
3. Με την ευρύτερη έννοια του όρου ρύθμιση, στη δεύτερη μέθοδο ανήκουν και διάφοροι τρόποι επέμβασης και μεταβολής στην πτερωτή, οι οποίοι στην πραγματικότητα αποτελούν αρχική προσπάθεια προσαρμογής μιας φυγοκεντρικής αντλίας σε μια αντλητική εγκατάσταση.

#### **4.10.3 Παράκαμψη**



Κατά αυτή τη μέθοδο μια παράκαμψη οδηγεί ένα μέρος της παροχής της αντλίας κατ' ευθείαν από την κατάθλιψη πίσω στην αναρρόφηση. Έτσι στη σωλήνωση του συστήματος ρέει μια παροχή μικρότερη της παροχής της αντλίας. Αυτή η μέθοδος ρύθμισης έχει αξία κυρίως σε αντλίες των οποίων η ισχύς ελαττώνεται με την αύξηση της παροχής δηλαδή σε αξονικές αντλίες και σε αναγεννητικές αντλίες. Η παράκαμψη εφαρμόζεται επίσης όταν επιβάλλεται λειτουργία της αντλίας με πολύ μικρές παροχές, οπότε δημιουργούνται προβλήματα στη λειτουργία της, όπως πχ. αύξηση της θερμοκρασίας στην αντλία (τροφοδοτικές αντλίες λεβήτων), υπερβολικές φθορές από μεγάλη μη εξισορροπημένη αξονική ώση κλπ.

#### **4.10.3 Σύγκριση μεθόδων ρύθμισης**

Στις ακτινικές φυγοκεντρικές αντλίες (αντίθετα από τις αντλίες αξονικής ροής) η ρύθμιση με παράκαμψη αποτελεί την περισσότερο «ενεργοβόρα» μέθοδο. Έτσι αν υποθέσουμε ότι θέλουμε να ελαττώσουμε την παροχή από  $Q$  σε  $Q/2$  σε σύστημα με φυγοκεντρική αντλία, η σειρά κατάταξης των μεθόδων ρύθμισης με βάση την απορροφημένη ισχύ στη νέα κατάσταση (μισή παροχή) θα είναι για φθίνουσα ισχύ:

1. Παράκαμψη (για ακτινική αντλία)
2. Στραγγαλισμός
3. Επικάλυψη μέρους της διατομής εξόδου της πτερωτής
4. Ρυθμιστικά πτερύγια στην είσοδο της αντλίας
5. Ρύθμιση γωνίας βήματος πτερυγίων πτερωτής
6. Ελάττωση της διαμέτρου της πτερωτής
7. Ρύθμιση περιστροφικής ταχύτητας

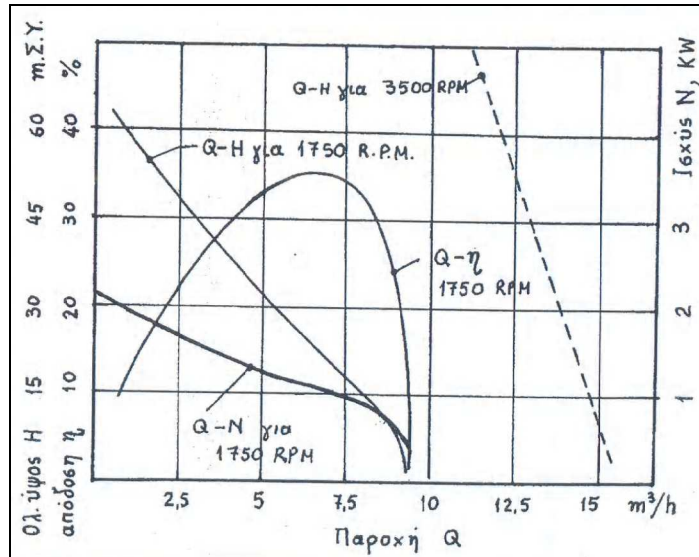
Βλέπουμε ότι η μέθοδος ρύθμισης με μεταβολή των στροφών είναι η πιο οικονομική από άποψη κατανάλωσης ενέργειας. Όμως για την επιλογή της βέλτιστης μεθόδου σε κάθε περίπτωση πρέπει να συνεκτιμηθεί και το κόστος επένδυσης κεφαλαίου το οποίο συνήθως είναι μεγαλύτερο για τις μεθόδους με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

#### ***4.11 Χαρακτηριστικές αναγεννητικών αντλιών***

Οι αναγεννητικές αντλίες παρουσιάζουν σχετικά υψηλές απώλειες διαρροών από την περιοχή υψηλής πίεσης στην περιοχή χαμηλής πίεσης μέσα από τα διάκενα που υπάρχουν μεταξύ πτερωτής και κελύφους. Επίσης παρουσιάζουν μεγάλες υδραυλικές απώλειες λόγω τριβών και δινών που οφείλονται στην αρχή λειτουργίας τους. Αποτέλεσμα αυτών των απωλειών είναι ο χαμηλός βαθμός απόδοσης των αντλιών αυτών που στην καλύτερη περίπτωση δεν υπερβαίνει το 50%.

Το σχ. 52 δείχνει τις χαρακτηριστικές  $Q-H$ ,  $Q-N$  και  $Q-\eta$  μιας πραγματικής αναγεννητικής αντλίας. Βλέπουμε ότι η χαρακτηριστική  $Q-H$  είναι πολύ απότομη πτώσης και ότι η ισχύς εισόδου  $N$  ελαττώνεται όσο αυξάνεται η παροχή όπως συμβαίνει και στις αντλίες αξονικής ροής (βλ. σχ. 48).

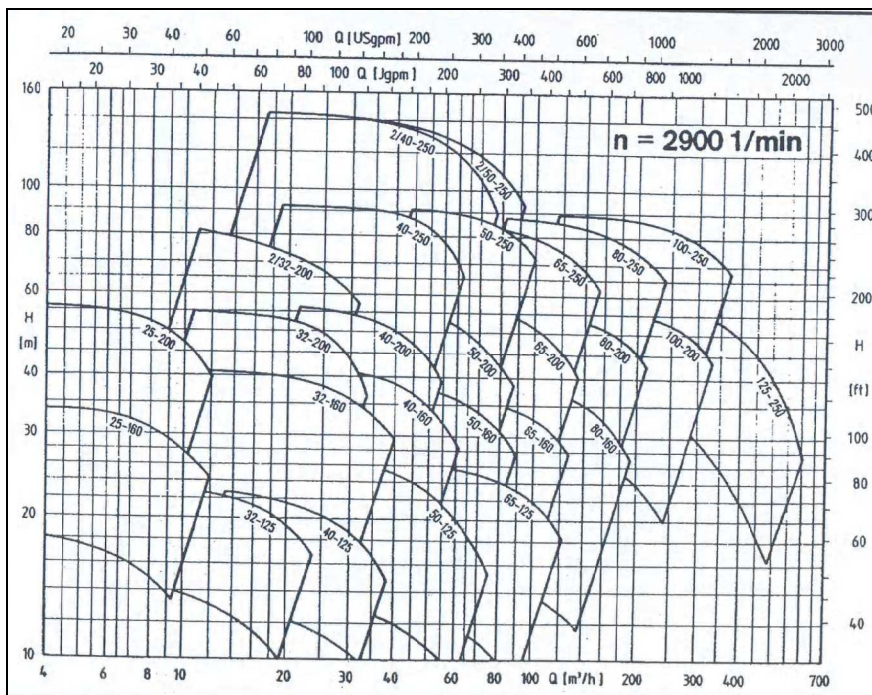
Στις πολύ μικρές παροχές ο βαθμός απόδοσης  $\eta$  είναι अपαράδεκτα χαμηλός για αυτό δεν συνιστάται η λειτουργία μιας αναγεννητικής αντλίας σε συνθήκες μεγάλου στραγγαλισμού.



Σχ. 52 Χαρακτηριστικές αναγεννητικής αντλίας

#### 4.12 Διαγράμματα επιλογής αντλιών

Για την εκλογή της καταλληλότερης αντλίας σε κατασκευαστές δίνουν διαγράμματα όπως αυτό του σχήματος 53, που καλύπτουν την περιοχή λειτουργίας μιας ομάδας αντλιών του, ίδιου τύπου, για συγκεκριμένο αριθμό στροφών. Στα διαγράμματα αυτά φαίνεται η υποπεριοχή στην οποία μπορεί να λειτουργήσει κάθε υποομάδα αντλιών δηλαδή το εύρος παροχής και ολικού ύψους για όλες τις πιθανές διαμέτρους πτερωτών της υποομάδας και για οικονομική λειτουργία. Για τον ακριβή καθορισμό της αντλίας και της διαμέτρου της πτερωτής της απαιτείται η ομάδα χαρακτηριστικών Q-H της υποομάδας.



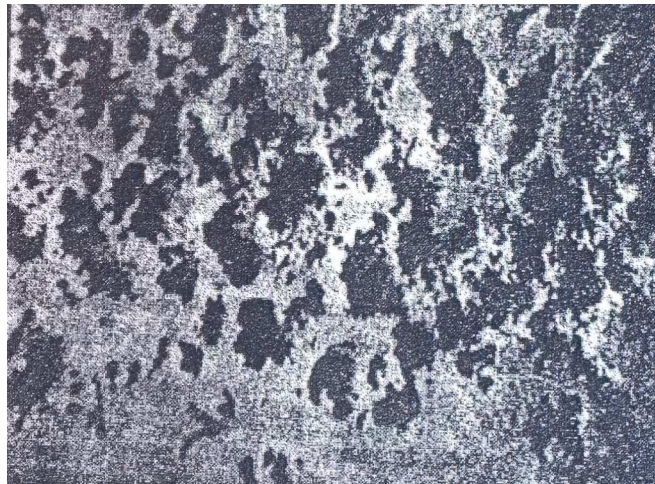
Σχ. 53 Διάγραμμα (παράδειγμα) επιλογής φυγοκεντρικών αντλιών

## 5. Βλάβες αντλιών

### 5.1 Σπηλαιώση

Οι σχέσεις ομοιότητας (κοίτα προηγούμενο κεφάλαιο) που συνδέουν μεταξύ τους τα κύρια μεγέθη των φυγοκεντρικών αντλιών (παροχή, πίεση, ισχύς, στροφές, βαθμός απόδοσης) δεν κάνουν διάκριση μεταξύ πλευράς αναρρόφησης και πλευράς κατάθλιψης. Ίσως έτσι δημιουργηθεί η εντύπωση ότι π.χ. 1m επιπλέον ύψους είτε στην πλευρά της αναρρόφησης είτε στην πλευρά της κατάθλιψης έχει το ίδιο συνολικό αποτέλεσμα.

Όμως αυτή η θεώρηση απέχει πολύ από την αλήθεια. Στην πραγματικότητα οι νόμοι της ομοιότητας που χρησιμοποιούμε π.χ. για να υπολογίσουμε τη μεταβολή της παροχής ή πίεσης (ύψους) όταν μεταβάλλουμε τις στροφές της αντλίας ισχύουν μόνο για την πλευρά της κατάθλιψης. Για την πλευρά της αναρρόφησης δεν μπορούν να εφαρμοσθούν απεριόριστα γιατί οι συνθήκες που επικρατούν στην αναρρόφηση επιβάλλουν περιορισμούς. Π.χ. όσο και αν αυξηθούν οι στροφές μιας φυγόκεντρης αντλίας άρδευσης η παροχή του νερού δεν μπορεί να υπερβεί την παροχή του νερού που η ατμοσφαιρική πίεση ωθεί μέσα στο «μάτι» της πτερωτής. Αυτό σημαίνει βέβαια ότι και στην κατάθλιψη δεν αυξάνεται επ' αόριστο η παροχή με την αύξηση των στροφών.



Σχ. 54 Σπηλαιώση σε τεμάχιο από Χυτοσίδηρο

Για τη σωστή και αξιόπιστη λειτουργία των αντλιών πρέπει να συμβαίνει το φαινόμενο της σπηλαιώσης. Σπηλαιώση ονομάζεται ο σχηματισμός θυλάκων ή φυσαλίδων ατμού του υγρού που προέρχεται από την εξάτμισή του στις περιοχές όπου η στατική πίεση ελαττώνεται μέχρι την τιμή της πίεσης (κορεσμού) των ατμών του υγρού  $P_D$  για τη θερμοκρασία που επικρατεί εκεί. Στις περιοχές αυτές το υγρό εξατμίζεται ταχύτατα (βράζει), αλλά καθώς η στατική πίεση στη ροή του υγρού δεν είναι σταθερή και οι φυσαλίδες ατμού μεταφέρονται σε γειτονικές περιοχές, όπου η πίεση είναι μεγαλύτερη της  $P_D$  εμφανίζεται ταχύτατη συμπύκνωση του ατμού σε υγρό. Ο όγκος κάθε φυσαλίδας ελαττώνεται με τη συμπύκνωση και οι γειτονικές μάζες του υγρού που περιέβαλαν τη φυσαλίδα σπεύδουν προς το κέντρο της και προκαλούν μια απότομη σημειακή υδραυλική κρούση τη στιγμή που η φυσαλίδα «εξαφανίζεται». Αν η φυσαλίδα του ατμού εξαφανισθεί επάνω σε μία επιφάνεια που καθορίζει τη ροή, η κρούση επάνω στην επιφάνεια προκαλεί

μια τοπική καταστροφή της. Έχει αποδειχθεί ότι οι τοπικές πιέσεις λόγω σπηλαιώσης μπορούν να φθάσουν αρκετές εκατοντάδες ατμοσφαιρών. Οι υδραυλικές αυτές κρούσεις που επαναλαμβάνονται με ταχύ ρυθμό μέσα σε κάποια περιοχή της ροής δημιουργούν καταστρεπτικά αποτελέσματα επάνω στα γειτονικά τοιχώματα π.χ. κελυφών αντλιών, πτερωτών, κ.ά., γιατί δρουν σαν ισχυρά μικροσκοπικά σφυριά που καταπονούν έντονα το υλικό. Μερικές φορές τα καταστρεπτικά αποτελέσματα της σπηλαιώσης εντείνονται από επιπρόσθετα φαινόμενα ηλεκτροχημικών διαβρώσεων.

Σε αντλίες χαμηλής πίεσης από χυτοσίδηρο οι περιοχές που έχουν υποστεί βλάβη από σπηλαιώση φαίνονται σπογγώδεις. Η κατεστραμμένη επιφάνεια είναι ανώμαλη γεμάτη με πορώδεις κοιλότητες που προχωρούν βαθειά μέσα στο υλικό (σχ. 54).

Σε φυγοκεντρικές αντλίες υψηλής πίεσης με μέρη από χάλυβα κατασκευών η καταστροφή από σπηλαιώση φαίνεται διαφορετική και έχει τη μορφή κοιλοτήτων ή αυλακώσεων με λεία επιφάνεια.

Η σπηλαιώση δεν προκαλεί μόνο καταστροφές στα μέταλλα, αλλά και ελαττώνει απότομα την απόδοση της αντλίας. Η λειτουργία μιας αντλίας σε συνθήκες σπηλαιώσης συνοδεύεται από θόρυβο, εσωτερικό βόμβο, κραδασμούς και αυξημένες ταλαντώσεις.

Η σπηλαιώση συνήθως συμβαίνει στην πλευρά της αναρρόφησης της αντλίας. Σπανιότερα μπορεί να παρατηρηθεί και στην κατάθλιψη σε σημεία «αποκόλλησης» της ροής.

Στις φυγοκεντρικές αντλίες η σπηλαιώση δημιουργείται συχνότατα στην εσωτερική πλευρά των πτερυγίων κοντά στην είσοδο της πτερωτής, στα σημεία όπου το υγρό ρέει δια μέσου διακένων στεγανότητας, ή όταν κάνει απότομες στροφές με αποτέλεσμα να «αποκολλάται» η ροή από τις επιφάνειες του μετάλλου.

Μια αντλία μπορεί να λειτουργήσει σε συνθήκες σπηλαιώσης για περισσότερο ή λιγότερο διάστημα εάν τα τμήματά της είναι κατασκευασμένα από υλικό που αντέχει σε σπηλαιώση.

Η αντοχή των μετάλλων στη σπηλαιώση εξαρτάται από τη χημική τους σύνθεση, την κρυσταλλική δομή τους και από τον βαθμό λείανσης της επιφανείας τους. Όσο η δομή του υλικού είναι συμπαγέστερη και οι κόκκοι του έχουν μεγαλύτερη ελαστικότητα και αντοχή σε κόπωση, τόσο ανθεκτικότερο σε φθορά από σπηλαιώση είναι το υλικό. Επίσης αν το υλικό διαθέτει και αντοχή σε ηλεκτροχημική διάβρωση είναι ακόμη καλύτερο.

Ψαθυρά και ανομοιογενή υλικά, όπως ο χυτοσίδηρος και το γυαλί είναι πολύ ευάλωτα σε σπηλαιώση. Ο συνήθης χάλυβας κατασκευών με π.χ. 0,6% άνθρακα, σφυρήλατος ή χυτός, είναι πολύ πιο ανθεκτικός στη σπηλαιώση από τον χυτοσίδηρο. Ακόμα καλύτερος είναι ο μπρούντζος, ενώ οι πιο ανθεκτικοί είναι οι διάφοροι χρώμιο-νικελιούχοι (ανοξειδωτοί) χάλυβες.

Αν δώσουμε στον χυτοσίδηρο τον δείκτη 1,0 για απώλεια βάρους από σπηλαιώση, τότε η κατάταξη των άλλων υλικών κατά προσέγγιση προς την κατεύθυνση της μεγαλύτερης αντοχής δίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΦΘΟΡΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΣΕ ΣΠΗΛΑΙΩΣΗ			
A/A	Υλικό		Δείκτης
1	Χυτοσίδηρος (CAST IRON)	GG-25	1,0
2	Χυτοχάλυβας (CAST STEEL)	GS-C25	0,8
3	Μπρούντζος (BRONZE)	G-CuSn10	0,5
4	Χυτός χρωμοχάλυβας (CAST CHROME STEEL)	G-X20Cr14	0,2
5	Αλουμινούχος μπρούντζος (MULTICOMPONENT BRONZE)	G-AlBz10Fe	0,1
6	χρωμιονικελιούχος χάλυβας (CHROME NICKEL STEEL)	G-X6CrNi189	0,05

Πρέπει όμως να μην ξεχνούμε, ότι δεν υπάρχουν υλικά απόλυτης αντοχής σε σπηλαίωση. Ακόμη και τα καλύτερα υλικά καταστρέφονται από τη σπηλαίωση νωρίτερα ή αργότερα.

Η σπηλαίωση αποφεύγεται με ομαλή διαμόρφωση των διόδων ροής, σωστές αεροτομές πτερυγίων, περιορισμένες ταχύτητες του υγρού στη δίοδο του μέσα από την αντλία. Αλλά το κυριότερο μέτρο αποφυγής της σπηλαίωσης είναι η εξασφάλιση κατάλληλης ελάχιστης πίεσης στην πλευρά της αναρρόφησης της αντλίας, όπου υπάρχουν και οι χαμηλότερες πιέσεις και όπου εμφανίζεται αρχικά η σπηλαίωση.

Να σημειώσουμε ότι:

α) Πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ του φαινομένου της σπηλαίωσης που περιγράψαμε πιο πάνω και της ονομαζόμενης σπηλαίωσης αερίου. Η σπηλαίωση αερίου οφείλεται στα διάφορα αέρια που είναι διαλυμένα στο υγρό, τα οποία εκλύονται και σχηματίζουν φυσαλίδες αερίων όταν ελαττώνεται η πίεση. Σ' αυτήν την περίπτωση η πίεση δε χρειάζεται να πέσει μέχρι την τιμή της  $P_D$ . Η σπηλαίωση αερίου όπως και η σπηλαίωση (ατμών υγρού) οδηγεί σε πτώση της απόδοσης της αντλίας και του ολικού ύψους, αλλά δεν είναι τόσο επικίνδυνη (όσο η σπηλαίωση) όσον αφορά την καταστροφή του υλικού. Αυτό οφείλεται στη συμπίεστικότητα των αερίων της φυσαλίδας στη φάση της επαναδιάλυσης της στο υγρό και στην απόσβεση των κρούσεων που η συμπίεστικότητα συνεπάγεται.

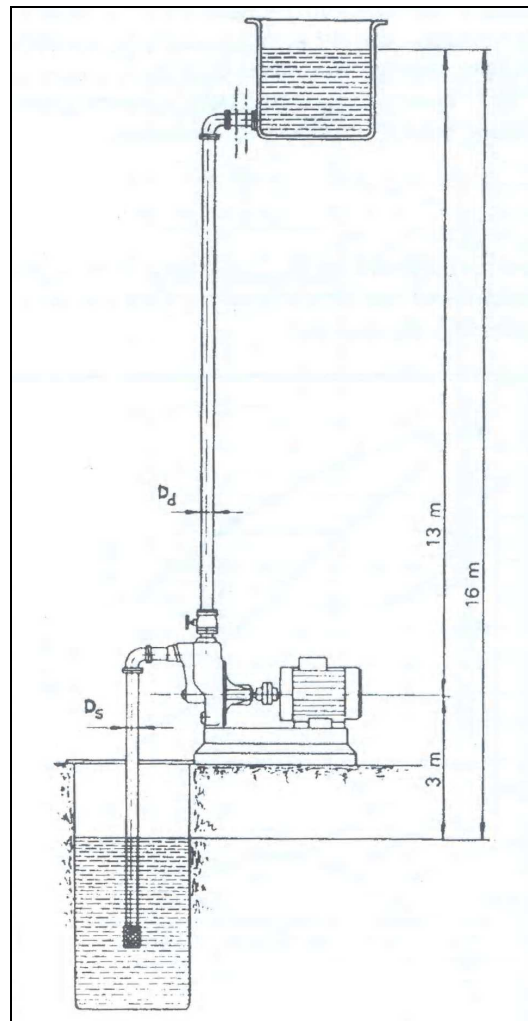
β) Επίσης Πρέπει να μην συγχέεται η σπηλαίωση με το φαινόμενο της μηχανικής διάβρωσης που οφείλεται στη μηχανική προσβολή του υγρού στην επιφάνεια του υλικού ιδιαίτερα όταν το υγρό περιέχει στερεά σωματίδια ή τεμάχια. Βέβαια, όταν συνυπάρχουν και τα δύο φαινόμενα (σπηλαίωση και μηχανική διάβρωση) έχουμε ταχύτερη φθορά του υλικού).

Η μηχανική διάβρωση αυξάνεται με το τετράγωνο ή τον κύβο της σχετικής ταχύτητας μεταξύ του υγρού και του υλικού της αντλίας και ανάλογα με τη συγκέντρωση και τη σκληρότητα των στερεών στο αντλούμενο υγρό. Μέσα προστασίας των αντλιών από μηχανική διάβρωση είναι η αποφυγή υψηλών ταχυτήτων ροής κατά το δυνατό, χρήση κατάλληλων υλικών, παχιά τοιχώματα, χρήση εύκολα αφαιρουμένων φθειρόμενων τμημάτων για εύκολη αντικατάσταση με ανταλλακτικά, κλπ.

## 6. Παράδειγμα μελέτης αντλητικού συγκροτήματος

Η φυγοκεντρική αντλία αυτόματης αναρρόφησης της αντλητικής εγκατάστασης του σχήματος 55 πρέπει να αντλεί κρύο γλυκό νερό από τη δεξαμενή αναρρόφησης προς τη δεξαμενή κατάθλιψης με παροχή  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ . Το συνολικό μήκος του σωλήνα αναρρόφησης είναι  $8 \text{ m}$  και της κατάθλιψης  $22 \text{ m}$ . Να γίνει η μελέτη του αντλητικού συστήματος με βάση τις παρακάτω παραδοχές:

- α) Επιλογή των κατάλληλων διαμέτρων σωλήνων αναρρόφησης  $D_s$  και κατάθλιψης  $D_d$  από χαλυβδοσωλήνα.
- β) Το είδος της βαλβίδας που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην κατάθλιψη της αντλίας αν δεν απαιτείται ρύθμιση παροχής.
- γ) Υπολογισμός του ολικού μανομετρικού ύψους της αντλίας.
- δ) Εάν ο βαθμός απόδοσης της αντλίας είναι  $\eta = 0.5$  να υπολογισθεί η ονομαστική ισχύς του ηλεκτροκινητήρα.
- ε) Για ρεύμα  $50 \text{ Hz}$ , τριφασικό  $380 \text{ V}$  και κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα  $1500 \text{ rpm}$  να επιλεγούν οι ασφάλειες, ο διακόπτης  $Y/\Delta$ , ο κύριος διακόπτης και η διατομή του χάλκινου αγωγού.



Σχ. 55 Αντλητική εγκατάσταση με αντλία αυτόματης αναρρόφησης

α) Από τον πίνακα 1 για  $Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$  παίρνουμε  $v_d = 2 \text{ m/s}$  και η πλησιέστερη  $D_N = 80 \text{ mm}$  για την κατάθλιψη.  $v_s = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ m/s}$  για την αναρρόφηση. Από τον πίνακα 2 για κρύο γλυκό νερό  $v_d = 5f\sqrt{d}$  για την κατάθλιψη και με  $d=80$  προκύπτει:  $v_{d\kappa\alpha\nu} = 5 * 0,06\sqrt{80} = 2,6 \text{ m/s}$ . Για την αναρρόφηση θα χρησιμοποιηθεί η αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη διάμετρος λόγω μικρότερης ταχύτητας ροής. Από τον πίνακα Α ή Β του σχ. 56 ή Γ του σχ. 57 βλέπουμε ότι η αμέσως μεγαλύτερη διάμετρος είναι η  $D_N = 100 \text{ mm}$ . Τελικά επιλέγουμε:  $D_d = 80 \text{ mm}$  και  $D_s = 100 \text{ mm}$ , οπότε οι πραγματικές ταχύτητες ροής από το διάγραμμα του σχ. 58 είναι:  $v_d = 2,2 \text{ m/s}$  και  $v_s = 1,4 \text{ m/s}$ .

**Πίνακας 1** Εκλογή ταχύτητας ροής με βάση την παροχή Q

Ονομαστική Διάμετρος	DN	in	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8	12	20
		mm	25	32	40	50	65	80	100	150	200	300	500
Ταχύτητα	v	m/s	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9
Παροχή	Q	m <sup>3</sup> /h	2,5	5	7,5	12	21	34	56	140	270	660	2050

**Πίνακας 2** Πίνακας εκλογής ταχύτητας ροής για διάφορα υγρά

ΣΩΛΗΝΑΣ	ΥΓΡΟ	ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (V)	ΟΡΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ (Vmax) m/s
αναρρόφηση	συμπυκνώματος	$f\sqrt{d}$	0,9
κατάθλιψη	»	$3f\sqrt{d}$	2,4
αποστράγγιση	συμπυκνωμάτων	$0,3f\sqrt{d}$	0,3
αναρρόφηση	ζεστού νερού	$f\sqrt{d}$	0,9
κατάθλιψη	» »	$3f\sqrt{d}$	2,4
αναρρόφηση	τροφοδοτικού νερού	$1,3f\sqrt{d}$	1,2
κατάθλιψη	» »	$4f\sqrt{d}$	3,0
αναρρόφηση	κρύου γλυκού νερού	$3f\sqrt{d}$	4,6
κατάθλιψη	» » »	$5f\sqrt{d}$	6,1
αναρρόφηση	λιπαντελαίου	$f\sqrt{d}$	1,2
κατάθλιψη	»	$2f\sqrt{d}$	1,8
αναρρόφηση	βαρέος καυσίμου F.O.	$f\sqrt{d}$	1,2
κατάθλιψη	» » »	$2f\sqrt{d}$	4,6
αναρρόφηση	πετρελαίου DIESEL	$2f\sqrt{d}$	2,1
κατάθλιψη	» »	$5f\sqrt{d}$	3,6
αναρρόφηση	υδραυλικού λαδιού	$1,5f\sqrt{d}$	2,4
κατάθλιψη	» »	$8f\sqrt{d}$	6,1
αναρρόφηση	θαλασσινού νερού	$3f\sqrt{d}$	4,6*
κατάθλιψη	» »	$5f\sqrt{d}$	4,6*

$d =$  εσωτερική διάμετρος σωλήνα

$f =$  (συντελεστής μονάδων)  $f=1$  όταν  $d$  σε ίντσες και  $V$  σε  $\text{fps}$  (πόδια/sec)

$f = 0,06$  όταν  $d$  σε  $\text{mm}$  και  $V$  σε  $\text{m/s}$

\* $V_{\max} = 2,7 \text{ m/s}$  για γαλβανισμένο χαλυβδοσωλήνα

ΠΙΝ. Α' Χαλυβδοσωλήνες βαρέως τύπου	Όνομαστική διάμετρος DN		Διάμετρος εξωτερική Αντίστοιχες τιμές				Πάχος τοιχώματος Τιμές αντίστοιχες		Συμβατικά βάρη			
			Μέγ.	Ελάχ.	Μέγ.	Ελάχ.			Σωλήνες χωρίς σπειρώματα		Σωλήνες με σπειρώματα και σύνδεσμο	
	mm	in	mm	in	in	in	mm	in	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft
6	1/8	10,6	9,8	0,417	0,386	2,0	0,080	0,407	0,273	0,410	0,275	
8	1/4	14,0	13,2	0,551	0,520	2,35	0,92	0,650	0,437	0,654	0,440	
10	3/8	17,5	16,7	0,689	0,657	2,35	0,092	0,852	0,573	0,858	0,577	
15	1/2	21,8	21,0	0,858	0,827	2,65	0,104	1,22	0,822	1,23	0,828	
20	3/4	27,3	26,5	1,075	1,043	2,65	0,104	1,58	1,06	1,59	1,07	
25	1	34,2	33,3	1,346	1,311	3,25	0,128	2,44	1,64	2,46	1,65	
32	1 1/4	42,9	42,0	1,689	1,654	3,25	0,128	3,14	2,11	3,17	2,13	
40	1 1/2	48,8	47,9	1,921	1,886	3,25	0,128	3,61	2,43	3,65	2,46	
50	2	60,8	59,7	2,394	2,350	3,65	0,144	5,10	3,42	5,17	3,47	
65	2 1/2	76,6	75,3	3,016	2,965	3,65	0,144	6,51	4,38	6,63	4,46	
80	3	89,5	88,0	3,524	3,465	4,05	0,160	8,47	5,69	8,64	5,80	
100	4	115,0	113,1	4,528	4,453	4,5	0,176	12,1	8,14	12,4	8,34	
125	5	140,8	138,5	5,543	5,453	4,85	0,192	16,2	10,9	16,7	11,2	
150	6	166,5	163,9	6,555	6,453	4,85	0,192	19,2	12,9	19,8	13,3	

ΠΙΝ. Β' Χαλυβδοσωλήνες ελαφρού τύπου	Όνομαστική διάμετρος DN		Διάμετρος εξωτερική Αντίστοιχες τιμές				Πάχος τοιχώματος Τιμές αντίστοιχες		Συμβατικά βάρη			
			Μέγ.	Ελάχ.	Μέγ.	Ελάχ.			Σωλήνες χωρίς σπειρώματα		Σωλήνες με σπειρώματα και σύνδεσμο	
	mm	in	mm	mm	in	in	mm	in	kg/m	lb/f	kg/m	lb/f
6	1/8	10,4	9,7	0,409	0,383	1,8	0,072	0,369	0,248	0,372	0,250	
8	1/4	13,9	13,2	0,547	0,518	2,0	0,80	0,573	0,385	0,577	0,388	
10	3/8	17,4	16,7	0,685	0,656	2,0	0,080	0,747	0,502	0,753	0,506	
15	1/2	21,7	21,0	0,854	0,825	2,35	0,092	1,10	0,737	1,11	0,743	
20	3/4	27,1	26,4	1,067	1,041	2,35	0,092	1,41	0,948	1,42	0,958	
25	1	34,0	33,2	1,339	1,309	2,9	0,116	2,21	1,49	2,23	1,50	
32	1 1/4	42,7	41,9	1,681	1,650	2,9	0,116	2,84	1,91	2,87	1,93	
40	1 1/2	48,6	47,8	1,913	1,882	2,9	0,116	3,26	2,19	3,30	2,22	
50	2	60,7	59,7	2,390	2,347	3,25	0,128	4,56	3,06	4,63	3,11	
65	2 1/2	76,3	75,2	3,004	2,960	3,25	0,128	5,81	3,90	5,93	3,93	
80	3	89,4	87,9	3,520	3,460	3,65	0,144	7,65	5,14	7,82	5,25	
100	4	114,9	113,0	4,524	4,450	4,05	0,160	11,0	7,39	11,3	7,59	

Σχ. 56 Τυποποίηση χαλυβδοσωλήνων ελληνικού εμπορίου, βαρέως και ελαφρού τύπου



**ΠΙΝΑΚΑΣ Γ΄ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΩΝ ΧΩΡΙΣ ΡΑΦΗ ΑΠΟ ΥΛΙΚΟ St. 35**

**ΓΕΝΙΚΑ**

Το πρότυπο αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με το DIN 2450 και περιέχει μια επιλογή χαλυβδωσολώνων χωρίς ραφή σύμφωνα με το DIN 2448, για χρήση σε γραμμές σωληνώσεων, δεξαμενών κλπ.

**ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

Σωλήνες με πάχη τοιχωμάτων που αναφέρονται στον πίνακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις αναφερόμενες πιέσεις λειτουργίας και για θερμοκρασίες λειτουργίας μέχρι 120 °C. Για θερμοκρασίες υψηλότερες από 120 °C και μέχρι 300 °C η πτώση του όριου διαρροής του υλικού (η μείωση της αντοχής του) πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη (βλέπε επίσης DIN 1629, part 1 - πίνακα 1 και DIN 2401).

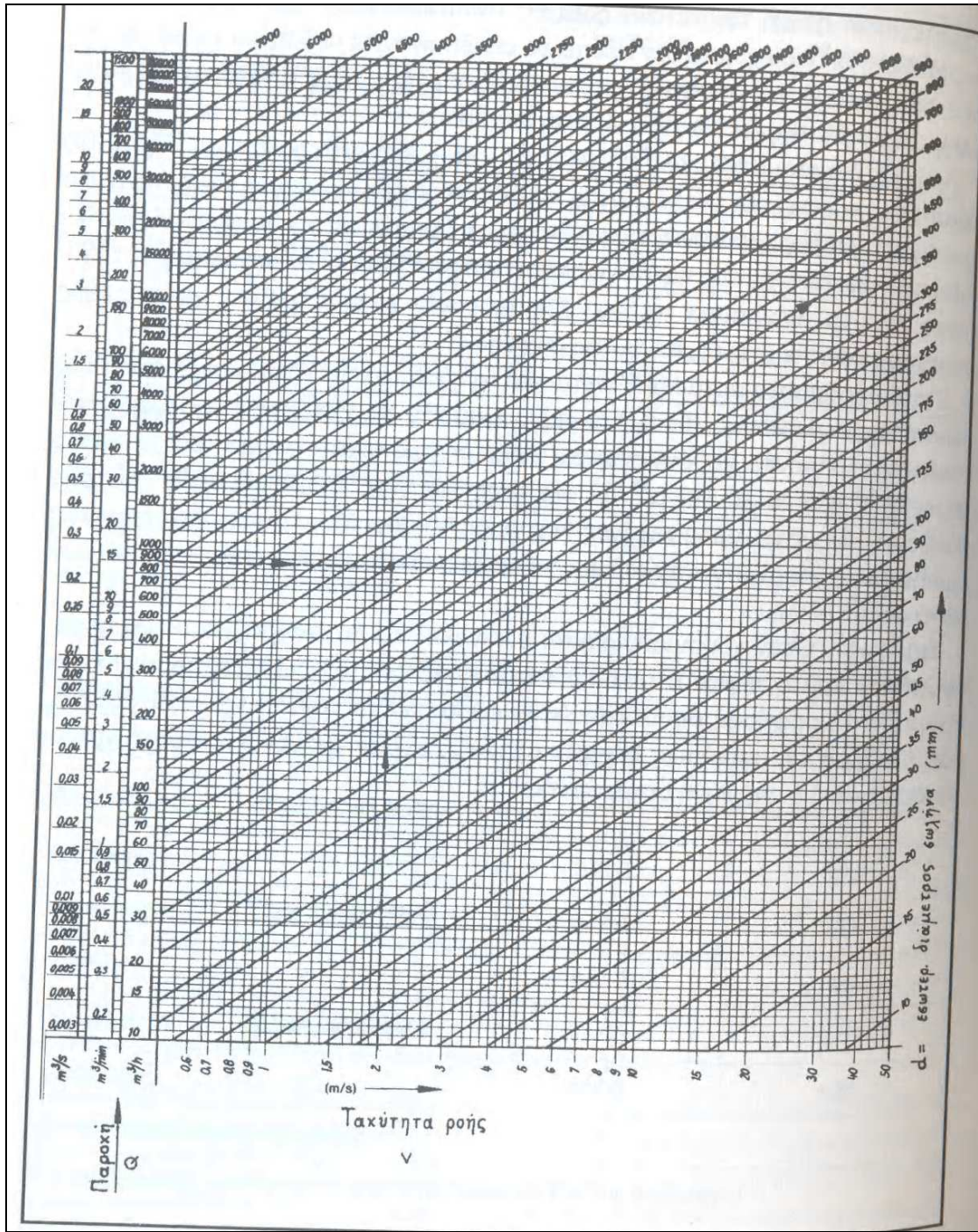
Το πάχη των τοιχωμάτων αφορούν μόνο τους σωλήνες για εφαρμογές που περιλαμβάνουν κάμψεις, σωλήνων, εξαιρετικές καταπονήσεις κατά την διάρκεια της εγκατάστασης, θερμικές καταπονήσεις κλπ. πρέπει να γίνεται έλεγχος αν τα πάχη των τοιχωμάτων είναι επαρκή.

Διαστάσεις σε mm

ΟΝΟΜ. ΔΙΑΜ. ΣΩΛΗΝΑ	ΕΞΩΤ. ΔΙΑΜ. ΣΩΛΗΝΑ	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ kp/cm <sup>2</sup>							
		40		64		80		100	
		ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜ.	ΒΑΡΟΣ kg/m	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜ.	ΒΑΡΟΣ kg/m	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜ.	ΒΑΡΟΣ kg/m	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜ.	ΒΑΡΟΣ kg/m
10	14*			1,8	0,542			1,8	0,542
	16			1,8	0,632			1,8	0,632
	17,2			1,8	0,688			1,8	0,688
15/16	20			2	0,890			2	0,890
	21,3			2	0,962			2	0,962
20	25			2	1,13			2	1,13
	26,9			2,3	1,41			2,3	1,41
25	30			2,6	1,77			2,6	1,77
	33,7			2,6	2,01			2,6	2,01
32	38			2,6	2,29			2,6	2,29
	42,4			2,6	2,57			2,6	2,57
40	44,5			2,6	2,70			2,6	2,70
	48,3			2,6	2,95			2,6	2,95
50	57			2,9	3,90			2,9	3,90
	60,3			2,9	4,14			2,9	4,14
65	76,1			2,9	5,28	2,9	5,28	3,6	6,49
80	88,9			3,2	6,81	3,6	7,63	4	8,43
100	108	3,6	9,33	3,6	9,33	4	10,3	5	12,7
	114,3	3,6	9,90	4	11	4	11	5	13,5
125	133	4	12,8	4,5	14,2	5	15,8	6,3	19,8
	139,7	4	13,5	5	16,6	5	16,6	6,3	20,8
150	159	4	17,1	5,6	21,1	5,6	21,1	7,1	26,6
	168,3	4,5	18,1	5,6	22,4	6,3	25,3	7,1	28,3
(175)	(191)	5,4	24,7	6,3	28,7	7,1	32,2	8,8	39,5
	193,7	5,4	25,0	6,3	29,2	7,1	32,8	8,8	40,0
200	216	6	31,1	7,1	36,6	8	41,0	10	50,8
	219,1	5,9	31,0	7,1	37,2	8	41,5	10	51,6
250	267	6,3	40,6	8,8	55,8	10	63,4	11	69,7
	273	6,3	41,6	8,8	57	10	64,9	12,5	80,9
300	318	7,5	57,4	11	83,3	11	83,3	14,2	106
	323,9	7,1	55,6	11	85,3	11	85,3	14,2	109
350	355,6	8	68,3	12,5	107	12,5	107	16	133
	368	8	70,8	12,5	110	12,5	110	16	138
400	406,4	8,8	85,9	14,2	138	14,2	138	17,5	168
	419	10	101	14,2	142	14,2	142	17,5	173
500	508	11	135	16	193	17,5	211	22,2	266
	521	11,5	144	17,5	217	17,5	217	22,2	273

\*Όπου δεν δίνονται πάχη τοιχωμάτων και βάρη, οι τιμές εκείνες για τις επόμενες υψηλότερες ονομαστικές πιέσεις να χρησιμοποιούνται.

**Σχ. 57** Παράδειγμα Τυποποίησης χαλυβδωσολώνων St. 35



Σχ. 58 Διάγραμμα υπολογισμού της εσωτερικής διαμέτρου σωλήνων από τη

$$\text{σχέση } d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

**β)** Όταν το μανομετρικό ύψος  $H_A$  της σωλήνωσης υπερβαίνει τα 10 η πρέπει να τοποθετείται στον σωλήνα κατάθλιψη και μία ανεπίστροφη βαλβίδα μεταξύ της αντλίας και της βαλβίδας διακοπής για τους παρακάτω λόγους:

α) Η βαλβίδα μη επιστροφής προστατεύει την αντλία από ενδεχόμενο υδραυλικό πλήγμα.

β) Αν για οποιαδήποτε αιτία διακοπεί η λειτουργία του κινητήρα της αντλίας η ανεπίστροφη βαλβίδα προστατεύει τόσο την αντλία, όσο και τον κινητήρα από αναστροφή της φοράς περιστροφής λόγω αναστροφής της ροής, ιδιαίτερα όταν έχουμε παράλληλη λειτουργία δύο ή περισσότερων αντλιών.

Επειδή λοιπόν το μανομετρικό ύψος της σωλήνωσης υπερβαίνει τα 10m είναι απαραίτητη μία ανεπίστροφη βαλβίδα στην κατάθλιψη.

Μία βαλβίδα διακοπής είναι επίσης απαραίτητη. Επειδή όμως αυτή δε χρησιμοποιείται για ρύθμιση παροχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία βαλβίδα διακοπής και μη αναστροφής όπως αυτή του σχήματος 59η.

Για εγκατάσταση σε κατακόρυφη γραμμή τα επιστόμια μη επιστροφής γ, δ, ε, η (σχ. 59) πρέπει να εφοδιάζονται με ελατήριο επάνω από τον δίσκο. Επειδή η βαλβίδα αυτή θα τοποθετηθεί σε κατακόρυφη γραμμή πρέπει να είναι εφοδιασμένη με ελατήριο πάνω από τον δίσκο.

**γ)** Το ολικό ύψος της αντλίας  $H$  θα είναι ίσο με το ολικό ύψος της σωλήνωσης  $H_A$ , όπου  $H_A \approx H_{geo} + \Sigma H_v$  (για ανοικτό σύστημα, βλ. παράγραφο 4.2.2, κεφ. 4<sup>ο</sup>).

$$H_{geo} = H_{sgeo} + H_{dgeo} = 3 + 13 \text{ m} \Rightarrow H_{geo} = 16 \text{ m.}$$

$\Sigma H_v$  είναι το άθροισμα απωλειών ύψους στους σωλήνες και εξαρτήματα. Οπότε:

Από το σχ. 60, για χαλυβδοσωλήνες εξέλασης:

$$1. H_v \text{ για σωλήνα αναρρόφησης} = 8 \frac{2,3}{100} 0,8 = 0,15 \text{ m}$$

$$2. H_v \text{ για σωλήνα κατάθλιψη} = 22 \frac{7}{100} 0,8 = 1,23 \text{ m}$$

Επειδή η αντλία είναι αυτόματης αναρρόφησης, στο στόμιο αναρρόφησης αρκεί απλό φίλτρο χωρίς ποδοβαλβίδα.

Οπότε από το σχήμα 61:

$$\zeta_{\text{φίλτρου}} \approx 2 \text{ 0}$$

$$\zeta_{\text{καμπύλης } 90^\circ} \approx 0,5$$

$$\zeta_{\text{βαλβίδας}} \approx 2,5$$

Από το σχήμα 62:

$$3. H_v \text{ φίλτρου} = 0,2 \text{ m (για } v_s = 1,4 \text{ m/s)}$$

$$4. H_v \text{ καμπύλης } 90^\circ = 0,05 \text{ m (για } v_s = 1,4 \text{ m/s)}$$

$$5. H_v \text{ βαλβίδας} = 0,6 \text{ m (για } v_d = 2,2 \text{ m/s)}$$

$$6. H_v \text{ καμπύλης } 90^\circ = 0,12 \text{ m (για } v_d = 2,2 \text{ m/s)}$$

$$\text{Άρα } \Sigma H_{v(1-6)} = 2,35 \text{ m και } H_A = 16 + 2,35 = 18,35 \text{ m} \approx 19 \text{ m.}$$

**δ)** Η εισερχόμενη ισχύς της αντλίας είναι:  $N = \frac{\rho Q H}{367 \eta}$  σε KW

με  $\rho=1 \text{ kg/dm}^3$ ,  $Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=19 \text{ m}$ ,  $\eta=0,50$ .

Άρα:

$$N = \frac{1 \times 40 \times 19}{367 \times 0.5} \Rightarrow N = 4.14 \text{ KW} \Rightarrow N = 5.63 \text{ PS} .$$

Όταν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα συνήθως επιλέγεται η ηλεκτροκίνηση λόγω των πλεονεκτημάτων που έχουν οι ηλεκτροκινητήρες. Σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα η ηλεκτροκίνηση είναι η μόνη εφικτή λύση (π.χ. κλειστός χώρος με πολύ σκόνη ή διαβρωτικούς ατμούς. Επίσης στις βυθιζόμενες αντλίες η μόνη λύση είναι ο υποβρύχιος ηλεκτροκινητήρας όταν δε διατίθεται αέρας ή υδραυλικό λάδι υπό πίεση για χρήση αεροκινητήρα ή υδραυλικού κινητήρα.

Μεταξύ των πλεονεκτημάτων των ηλεκτροκινητήρων ως προς τους άλλους κινητήρες είναι: ο πολύ καλός βαθμός απόδοσης, το μικρότερο σχετικά κόστος, η σταθερή ροπή για όλο το εύρος των στροφών, η δυνατότητα ρύθμισης και αυτοματισμών, κ.ά.

Σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου διατίθενται ταυτόχρονα ηλεκτρικό ρεύμα και ατμός, ο μελετητής έχει να επιλέξει μεταξύ ηλεκτροκίνησης και ατμοκίνησης έχοντας υπ' όψη ότι:

α) Οι ατμοστροβίλοι μικρής ισχύος λειτουργούν με υψηλές ταχύτητες και πιθανότατα θα απαιτηθεί μειωτήρας στροφών.

β) Η απόδοση των ατμοστροβίλων μικρής ισχύος είναι ικανοποιητική μόνο όταν ο εξερχόμενος από τον στροβίλο ατμός χρησιμοποιείται σε αναγεννητικό κύκλο ή σε εγκαταστάσεις θέρμανσης κλπ.

Όταν δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα ή ατμός, ή πιεσμένος αέρας, κλπ., η χρησιμοποίηση των μηχανών εσωτερικής καύσης αποτελεί τη μόνη λύση. Παράδειγμα τέτοιων εφαρμογών είναι οι μεταφερόμενες αντλίες (σχ. 63, οι τρακτεραντλίες σχ. 64, κλπ.

Οι μηχανές Diesel γενικά έχουν μεγαλύτερη και σταθερότερη ροπή στρέψης από τους βενζινοκινητήρες και καλύτερο βαθμό απόδοσης, αλλά είναι ακριβότεροι. Οι βενζινοκινητήρες χρησιμοποιούνται μόνο για μικρές ισχύεις.

3. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε άντλησης. Π.χ. όταν υπάρχει εκρηκτικό περιβάλλον Πρέπει να δοθούν ειδικές λύσεις όπως: Χρησιμοποίηση ηλεκτροκινητήρα αντιακρηκτικού τύπου, ή τοποθέτηση του ηλεκτροκινητήρα σε διπλανό ακίνδυνο χώρο με στεγανή διέλευση του κινητήριου άξονα, η χρήση αεροκίνησης κ.ά.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω για την επιλογή κινητήρα έχουμε:

Η ισχύς του κινητήρα είναι:

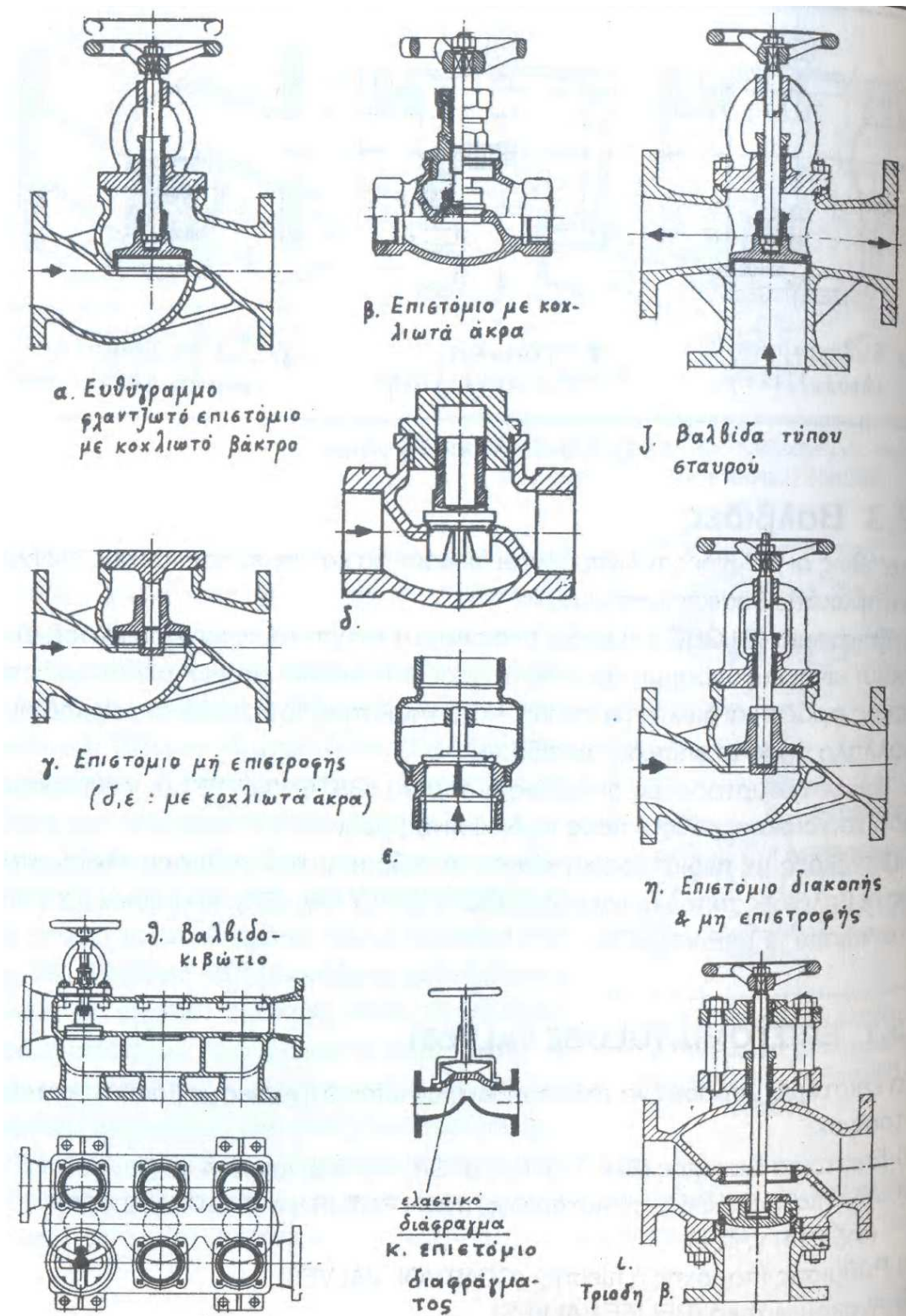
$$N_{\text{κιν}} = \frac{mN}{\eta_{\text{μετ}}} = 1,25 \times 5,63 = 7 \text{ PS}$$

Όπου  $\eta_{\text{μετ}} = 1$  για άμεση ζεύξη με το κόπλερ, και  $m = 1,25$ .

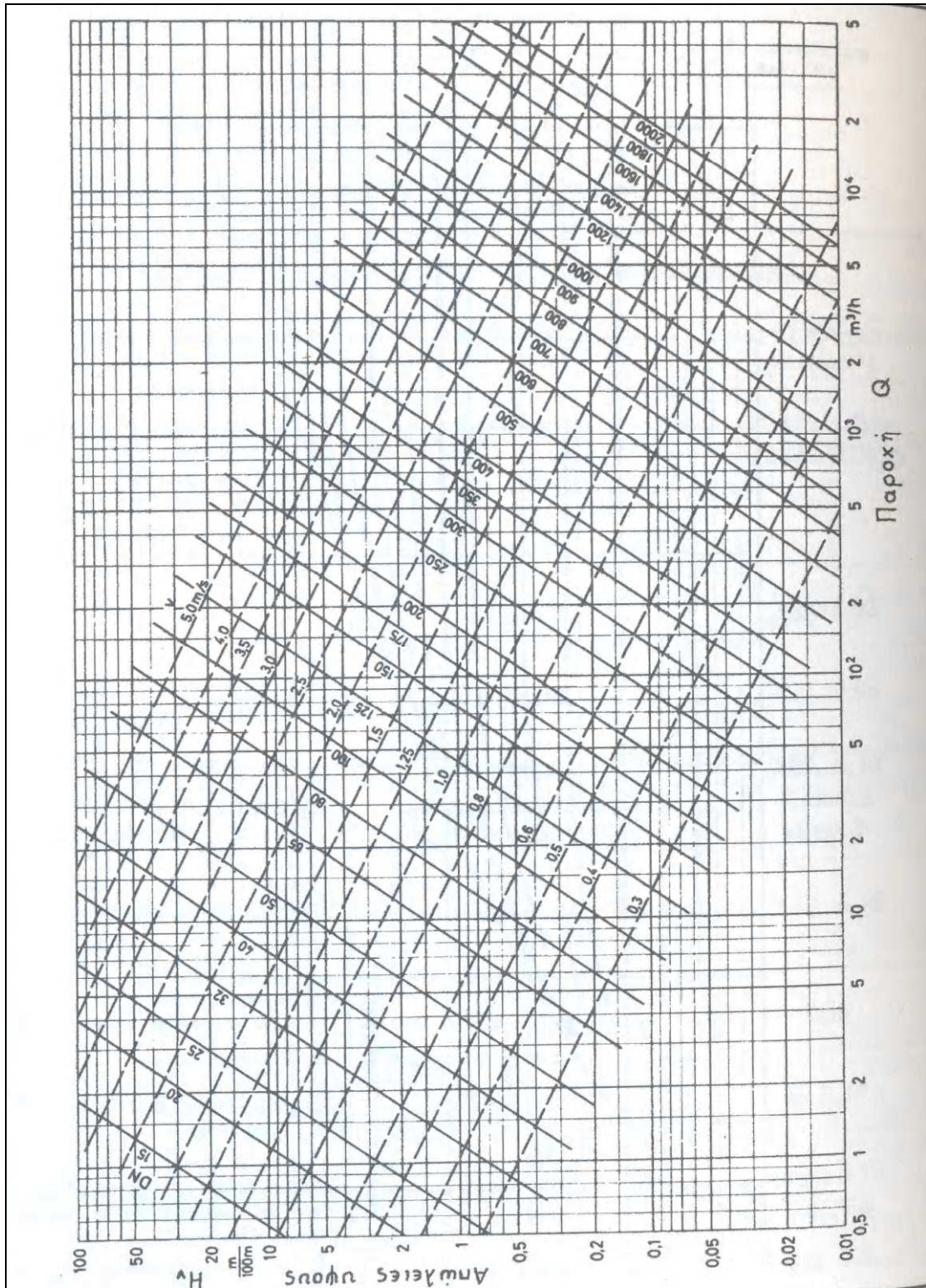
Από τον πίνακα του σχήματος 65 λαμβάνεται ο κινητήρας με την αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη ονομαστική ισχύ  $N_{\text{κιν}} = 7,5 \text{ PS}$ .

ε) Από τον παραπάνω πίνακα του σχήματος 65 για ισχύ 7,5 PS, 1500 rpm και 380 V, προκύπτουν:

Ονομαστ. ρεύμα ασφαλειών για απ' ευθείας εκκίνηση: 20 A  
 Ονομαστ. ρεύμα ασφαλειών για εκκίνηση με διακόπτη Υ/Δ: 16 A  
 Ονομαστ. ρεύμα διακόπτη Υ/Δ: 16 A  
 Ονομαστ. ρεύμα κύριου διακόπτη: 16 A  
 Διατομή χάλκινου καλωδίου:  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$



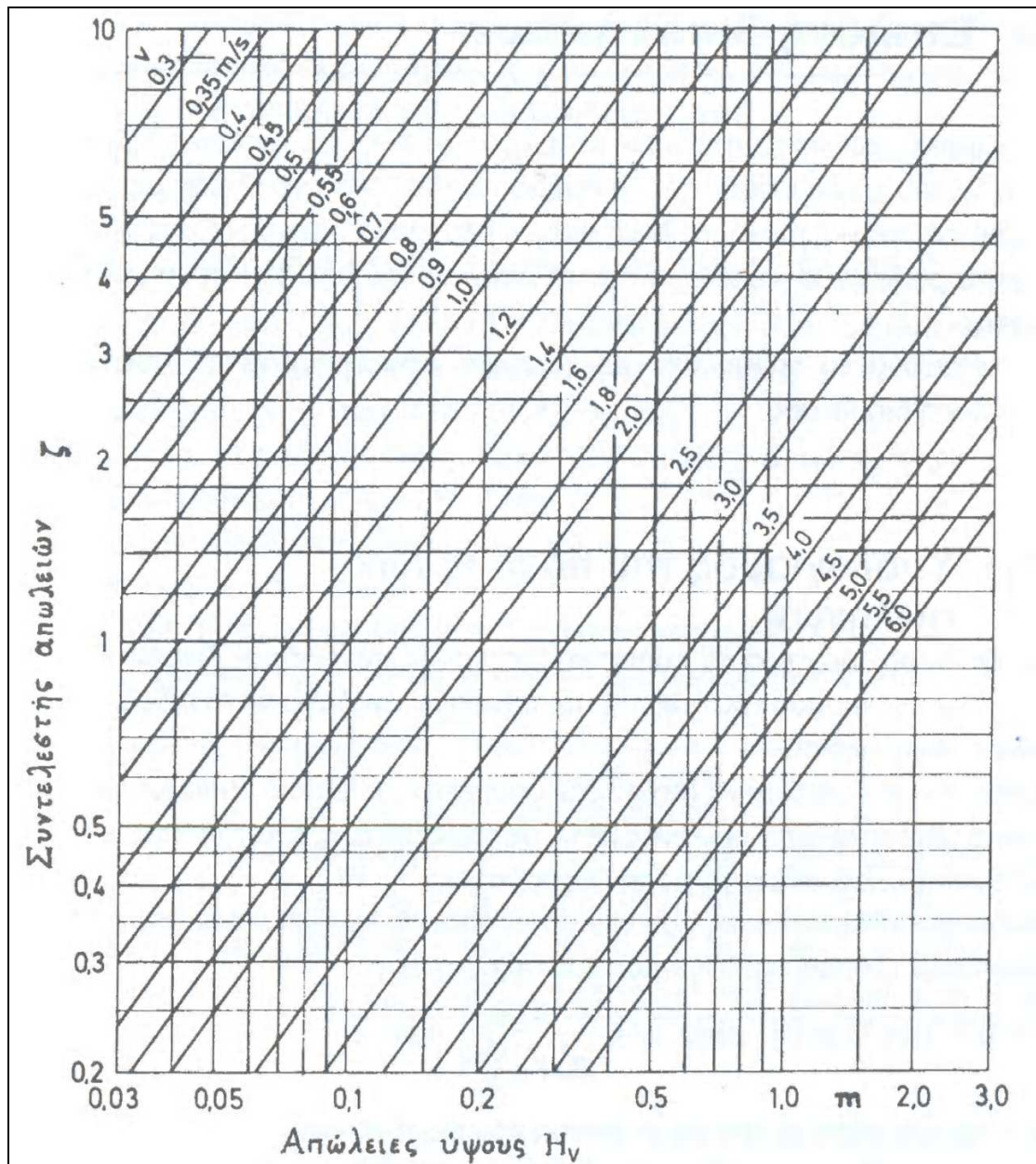
Σχ. 59 Διάφορα είδη επιστομιών



**Σχ. 60** Απώλειες ύψους σε καινούργιους σωλήνες από χυτοσίδηρο για καθαρό νερό 20°C  
(Η ονομαστική διάμετρος ΔΝ είναι περίπου ίση με την εσωτερική διάμετρο)

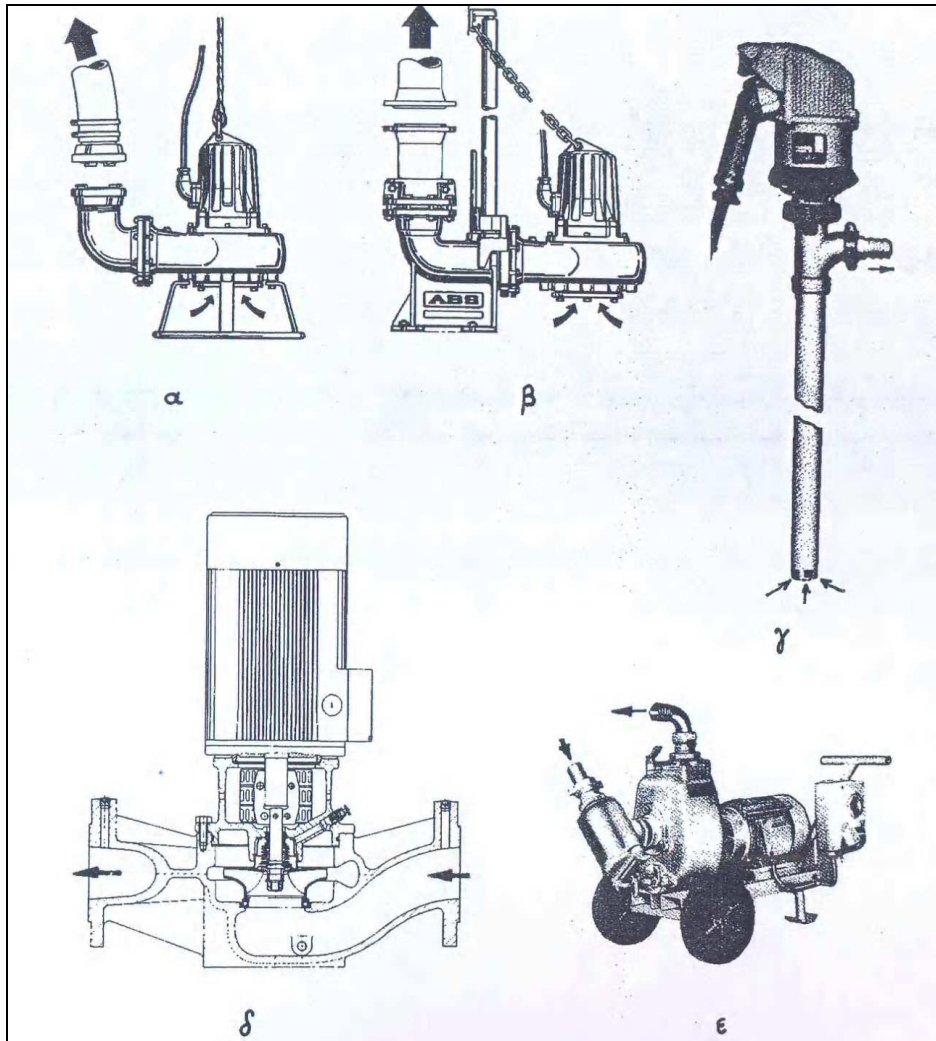
1.		Βαλβίδα τύπου πεταλούδας π.χ. Σχ. 218	NW DN	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800
			mm	ζ ≈ 0,3-0,5 Σχ. 229 α															
2.		Επιστόμιο με κοχλιωτό βακτρο π.χ. Σχ. 214.α	NW DN	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400
			mm	ζ 2,0 2,1 2,2 2,3 2,3 2,4 2,5 2,4 2,3 2,1 2,1 2,0 2,4 2,6 2,7 2,8															
3.		Επιστ. με κοχλιωτ. βακτρο χωνιακό	NW DN	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400
			mm	ζ 1,6 1,6 1,6 1,7 1,9 2,0 2,0 1,9 1,7 1,5 1,4 1,3 1,6 1,6 1,7 1,7															
4.		Βαλβιδοκιβώτιο με 2 επιστ.	NW DN	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400
			mm	ζ 2,7 2,8 3,0 3,3 3,5 3,7 3,9 3,8 3,3 2,7 2,3 2,4 2,3															
5.		Βαλβιδοκιβώτιο με 2 επιστόμια χωνιακό	NW DN	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400
			mm	ζ 3,9 4,0 4,2 4,4 4,5 4,7 4,8 4,8 4,5 4,1 3,8 3,6 3,5															
6.		Βαλβιδοκιβώτιο με 4 επιστόμια π.χ. Σχ. 214.β	NW DN	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400
			mm	ζ 4,1 4,3 4,5 4,7 4,8 5,1 5,1 5,1 4,7 4,4 4,1 4,0 4,0															

Σχ. 61 Πίνακας συντελεστών απωλειών ζ για βαλβίδες και εξαρτήματα σωληνώσεων.



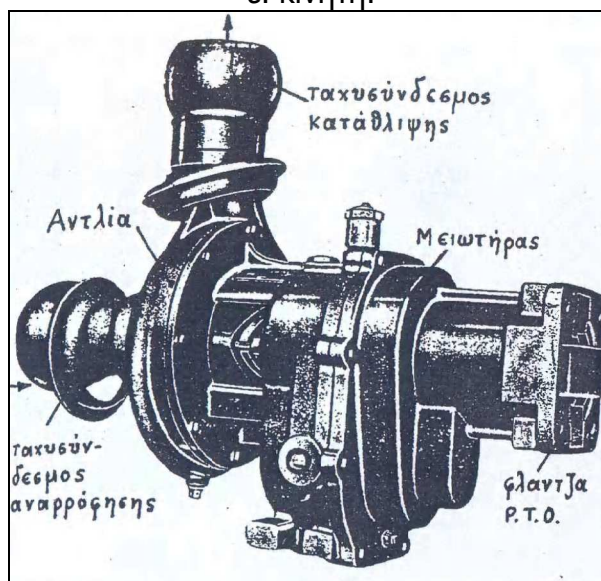
**Σχ. 62** Διάγραμμα υπολογισμού των απωλειών ύψους  $H_v = \zeta \frac{v^2}{2g}$  σε βαλβίδες και εξαρτήματα ( $H_v$  σε μέτρα στήλης υγρού)





Σχ. 63 Αντλίες χωρίς σταθερή έδραση

α: καταδύομενη, β: καταδύομενη με ταχυσύνδεσμο, γ: φορητή, δ: σε γραμμή, ε: κινητή.



Σχ. 64 Τρακτεραντλία με κίνηση από δυναμοδότη