

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Συστήματα μεταφοράς ρευστών

Ισοζύγιο μηχανικής ενέργειας

- * Η αντίσταση στην ροή και η κίνηση ρευστών μέσα σε σωληνώσεις επιτυγχάνεται με την παροχή ενέργειας ή απλά με την αλλαγή της δυναμικής ενέργειας του ρευστού.

Πίνακας 3.3. Μορφές ενέργειας σε ένα σύστημα ροής ρευστών

Μορφή Ενέργειας	Τύπος προσδ/σμού	Μονάδες	Τύπος (βάση: 1 kg)	Μονάδες
Δυναμική Ενέργεια:				
α) Λόγω Πίεσης	$m(P/\rho)$	$\text{kg}[(\text{N}/\text{m}^2)/(\text{kg}/\text{m}^3)]$	P/ρ	J/kg
β) Λόγω υψομ/κής διαφοράς	mgh	$\text{kg}(\text{m}/\text{s}^2)\text{m}$	gh	J/kg
Κινητική Ενέργεια	$m \bar{v}^2/a$	$\text{kg}(\text{m}/\text{s})^2$	$\bar{v}^2/a$	J/kg
Προστιθέμενη Ενέργεια (αντλία)	mw_s	$\text{kg}(\text{J}/\text{kg})$	w_s	J/kg
Απώλειες λόγω τριβών	$m(\Delta P/\rho)$	$\text{kg}[(\text{N}/\text{m}^2)/(\text{kg}/\text{m}^3)]$	$\Delta P/\rho$	J/kg

Εξίσωση Bernoulli

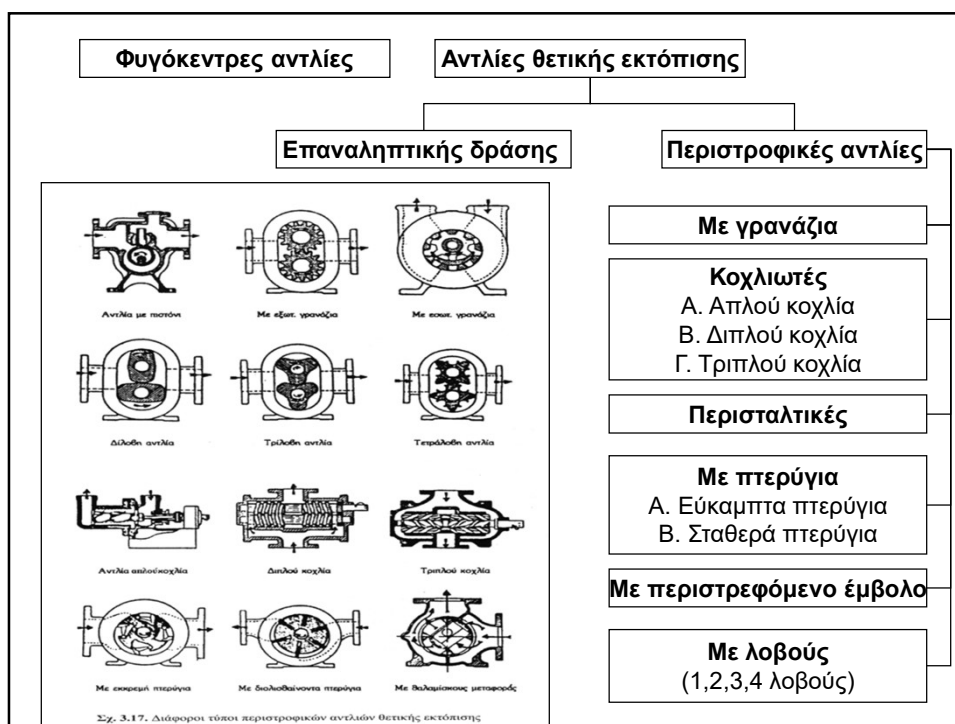
- Η εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών για την μεταφορά ρευστών (ανάμεσα σε δύο σημεία 1 και 2) γίνεται μέσω της εκτίμησης των μηχανικών ισοζυγίων με την εξίσωση Bernoulli. Η εκτίμηση περιλαμβάνει τόσο την αντίσταση στην ροή ($\Delta P/\rho$), όσο και την προσθήκη ενέργειας (w_s).

$$\frac{P_1}{\rho} + gh_1 + \frac{\overline{v_1^2}}{\alpha} + w_s = \frac{P_2}{\rho} + gh_2 + \frac{\overline{v_2^2}}{\alpha} + \frac{\Delta P}{\rho}$$

- Το γινόμενο της ενέργειας (J/Kg) επί την μαζική παροχή (Kg/s) μας δίνει την υδραυλική ισχύ (J/s = Watt) της απαιτούμενης αντλίας.
- Για ισοζύγια ολικής ενέργειας (π.χ. και θερμικής) πρέπει να προστεθούν όροι ενθαλπίας και προσθήκης ή αφαίρεσης θερμότητας.

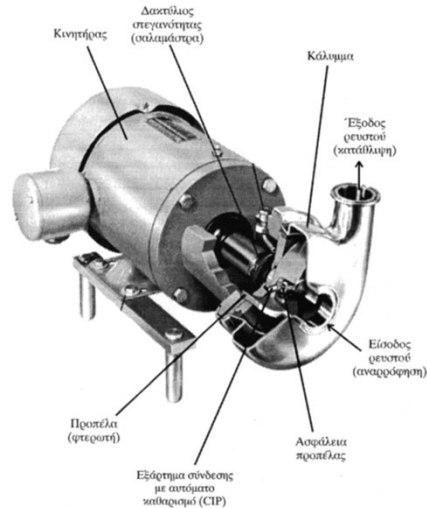
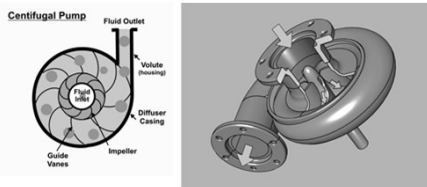
Αντλίες

- Οι αντλίες είναι μηχανές που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά ρευστών τροφίμων οιασδήποτε σύστασης, θερμοκρασίας και ιξώδους.
- Χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια ή κινούνται από μηχανές εσωτερικής καύσης
- Αποτελούνται από τον κινητήρα και από το 'σώμα' της αντλίας με τα στόμια 'εισόδου' ή 'αναρρόφησης' και 'εξόδου' ή 'κατάθλιψης'.
- Διαδεδομένοι τύποι στην βιομηχανία τροφίμων είναι η φυγόκεντρη και η θετικής εκτόπισης.



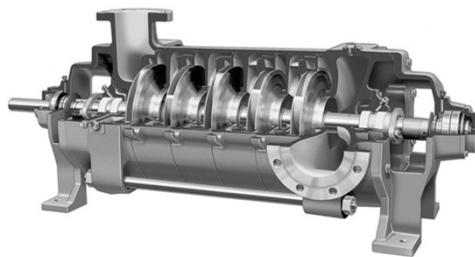
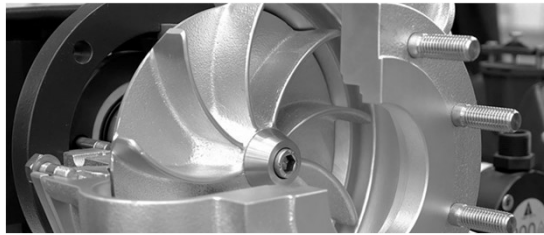
Φυγόκεντρες αντλίες

- Αποτελούνται από το κάλυμμα, την φτερωτή και τον άξονα.
- Η κίνηση της φτερωτής ωθεί το ρευστό στην έξοδο ενώ εξαιτίας της υποπίεσης νέα ποσότητα ρευστού συνεχώς αναρροφάται.
- Η είσοδος είναι στο κέντρο ενώ η έξοδος πλάγια του σώματος.

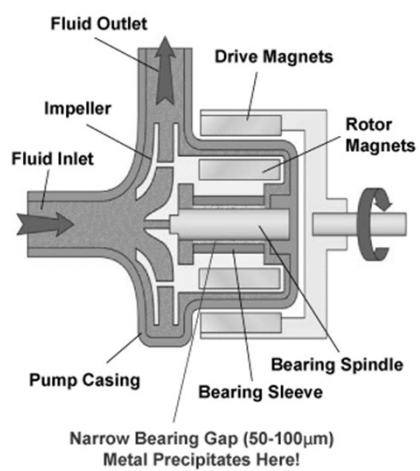


Χαρακτηριστικά Φυγόκεντρων αντλιών

- Χαρακτηριστικά:
 - Κατάλληλες για μεγάλες παροχές και χαμηλές πιέσεις
 - Αντλούν διάφορα λεπτόρρευστα υγρά με σχετικά μικρή περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά.
 - Σχετικά σταθερή παροχή για δεδομένο εύρος μανομετρικού (δηλ. την υψομετρική διαφορά λήψης κ' μεταφοράς του υγρού)
 - Απαιτούν απαέρωση κατά την εκκίνηση.
 - Μπορούν να στραγγαλιστούν χωρίς να παρουσιάσουν βλάβες
 - Συστήματα τέτοιων αντλιών σε σειρά χρησιμοποιούνται όπου το μανομετρικό είναι υψηλό (πολυβάθμιες φυγόκεντρες).
 - Αυτές με μαγνητική κίνηση χρησιμοποιούνται για μεταφορά με ασηπτικές συνθήκες.
 - Εύκολες στην συντήρηση και στην επισκευή.
- Η παροχή των αντλιών αυτών εξαρτάται:
 - Από το μέγεθος της φτερωτής
 - Την ταχύτητα περιστροφής (RPM - rounds per minute)
 - Την συνολική αντίσταση (μανομετρικό) που πρέπει να υπερνικήσει η αντλία.



✱ Πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία



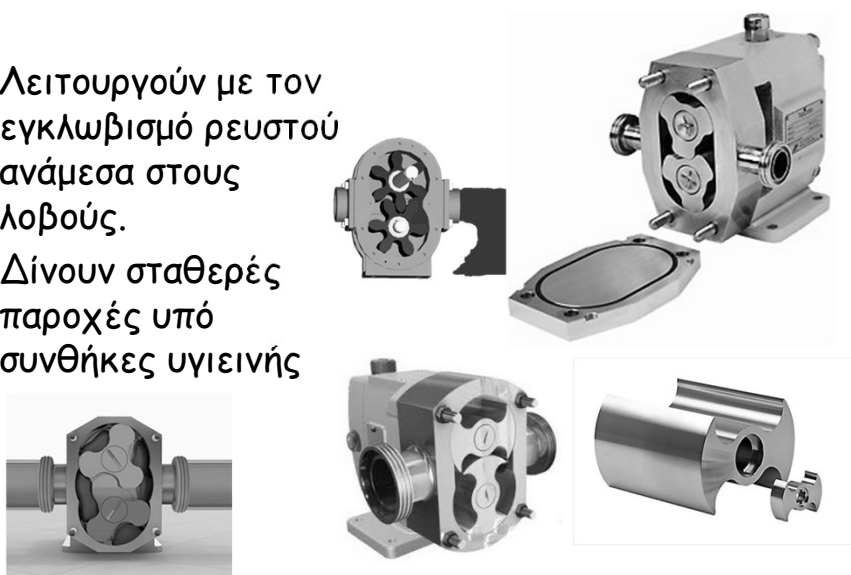
Μαγνητική μετάδοση κίνησης για άσηπτες συνθήκες

Αντλίες θετικής εκτόπισης

- * Χαρακτηριστικά
 - α. Είναι αυτοπληρούμενες
 - β. Η παροχή τους είναι σχεδόν ανεξάρτητη του μανομετρικού
 - γ. Χρησιμοποιούνται για άντληση ρευστών μεγάλου ιξώδους
 - δ. Λόγω σταθερής παροχής χρησιμοποιούνται ως δοσομετρικές
 - ε. Δεν αλλοιώνουν το ρευστό αφού η ανάδευση στο εσωτερικό είναι η ελάχιστη
 - στ. Η παροχή τους μπορεί να αυξομειωθεί σε μεγάλο εύρος
 - ζ. Η κατάθλιψη θα πρέπει να διατηρείται συνεχώς ελεύθερη για να μην αυξάνεται η πίεση στο σώμα (με εφαρμογή by-pass).

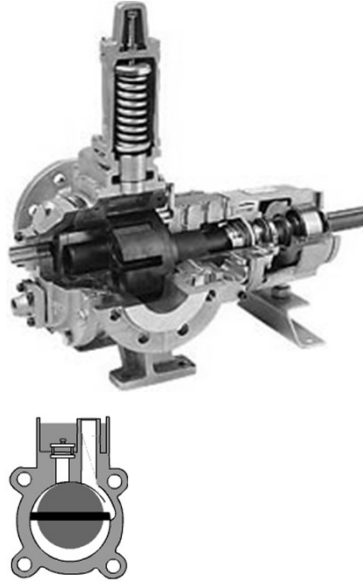
Θετικές αντλίες με λοβούς

- * Λειτουργούν με τον εγκλωβισμό ρευστού ανάμεσα στους λοβούς.
- * Δίνουν σταθερές παροχές υπό συνθήκες υγιεινής



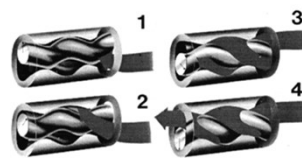
Αντλίες με περιστρεφόμενα έμβολα

- ✱ Είναι αντλίες παροχής σταθερού όγκου εξαιτίας του σχεδιασμού τους
- ✱ Λειτουργούν σε μεγάλα μανομετρικά (μέχρι 15 Atm) με δυνατότητα άσηπτων παροχών



Κοχλιωτές αντλίες

- ✱ Μεταφέρουν ρευστά με μεγάλο εύρος ιξώδους
- ✱ Αυτοπληρούμενες και ικανές για μεγάλα φορτία αναρρόφησης
- ✱ Εύκολη συντήρηση και με ελάχιστα κινητά μέρη

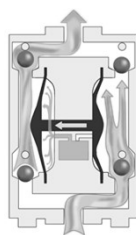


Σχ. 3.21. Αρχή λειτουργίας αντλίας αεζιό κοχλίου (Μογνο)



Αντλίες διπλού διαφράγματος

- * Οι διαφραγματικές αντλίες λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα ο οποίος κινεί 2 διαφράγματα εκ των οποίων το ένα δημιουργεί κενό (αναρρόφηση) και το άλλο πίεση (κατάθλιψη) στο ρευστό.
- * Δεν έχουν αρνητικές συνέπειες από το κλείσιμο της βάνας στην κατάθλιψη, κατά τη λειτουργία τους.



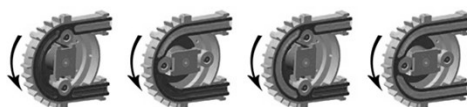
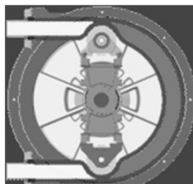
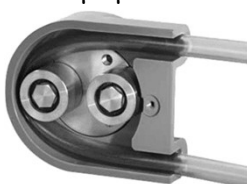
Αντλίες με εύκαμπτα πτερύγια

- * Λειτουργούν με την έκκεντρη περιστροφή εύκαμπτων πτερυγίων μέσα σε θάλαμο.
- * Είναι αυτοπληρούμενες με ικανότητα μεταφοράς ευαίσθητων και παχύρρευστων τροφίμων με σταθερή παροχή.



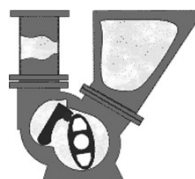
Περισταλτικές αντλίες

- Λειτουργούν με την περιστροφική συμπίεση της εσωτερικής περιφέρειας ενός εύκαμπτου σωλήνα σχήματος U.
- Είναι αυτόματης αναρρόφησης, με ικανότητα υψηλού θετικού εκτοπίσματος και δοσομέτρησης.
- Δυνατότητα ξηρής λειτουργίας, εύκολη συντήρηση.
- Το ρευστό δεν έρχεται σε επαφή με μέταλλα κλπ



Αντλίες ελλειψοειδούς στροφείου

- Ένα στροφέιο ελλειψοειδούς σχήματος περιστρέφεται στο εσωτερικό ενός κυλινδρικού σώματος. Το ρευστό παγιδεύεται στο χώρο ανάμεσα στο στροφέιο και στο κυλινδρικό σώμα και κατευθύνεται από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη.
- Ο στεγανοποιητικός βραχίονας που ακολουθεί την επιφάνεια του στροφείου κατευθύνει το υγρό προς την κατάθλιψη και διατηρεί την επαφή του με το στροφέιο με τη βοήθεια ενός ελατηρίου
- Χρησιμοποιείται σε ιδιαίτερες εφαρμογές για την μεταφορά πολύ παχύρευστων προϊόντων όπως η ζαχαρόμαζα και η μελάσα.



Επιλογή κατάλληλου τύπου αντλίας

Η επιλογή γίνεται με βάση:

- A. Τις απαιτήσεις του συστήματος μεταφοράς
- B. Τα χαρακτηριστικά της αντλίας και του κινητήρα της
- Γ. Τα χαρακτηριστικά του ρευστού

A. Απαιτήσεις συστήματος μεταφοράς

1. Απαιτήσεις ροής (παροχή)
2. Απαιτήσεις μανομετρικού
3. Τύπος και θέση μηχανημάτων
4. Διατομές και μήκη σωληνώσεων
5. Συνθήκες εισόδου (διαθέσιμη πίεση κλπ)
6. Δυνατότητες συντήρησης
7. Απαιτούμενη διάρκεια ζωής
8. Απαιτούμενη ακρίβεια παροχής
9. Δυνατότητες σύνδεσης αντλίας-σωληνώσεων

Β. Χαρακτηριστικά αντλίας και κινητήρα

1. Φάσμα παροχών της αντλίας
2. Απόδοση και απώλειες λόγω ολίσθησης
3. Φάσμα ταχυτήτων αντλίας
4. Απαιτούμενη καθαρή πίεση στην είσοδο
5. Δυνατότητες υψηλής πίεσης στην έξοδο
6. Θερμοκρασίες λειτουργίας αντλίας
7. Δυνατότητα αυτοπλήρωσης
8. Ανάγκες συντήρησης
9. Υλικά και τύπος κατασκευής
10. Απαιτούμενη ισχύς και τύπος κινητήρα

Γ. Χαρακτηριστικά ρευστού

1. Τύπος ρευστού προς άντληση
2. Φαινομενικό ιξώδες ρευστού
3. Ειδικό βάρος ρευστού
4. Θερμοκρασία άντλησης
5. Τάση ατμών ρευστού στην άντληση
6. Χημικές ιδιότητες ρευστού
7. Ευαισθησία ρευστού σε δυνάμεις διάτμησης.

Διαθέσιμη Καθαρή Θετική Πίεση Αναρρόφησης (ΔΚΘΠΑ)

- Η ΔΚΘΠΑ (NPSHa) ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$NPSHa = \text{Πίεση στην είσοδο} - \text{Τάση ατμών} =$$

(ατμοσφαιρική πίεση + Ανύψωση - Τριβές στο δίκτυο) - Τάση ατμών υγρού

- Στην περίπτωση αυτή η ελεύθερη επιφάνεια του τροφοδοτούμενου υγρού βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση.

Απαιτούμενη Καθαρή Θετική Πίεση Αναρρόφησης (ΑΚΘΠΑ)

- Σαν ΑΚΘΠΑ (NPSHr) ορίζεται η ελάχιστη απαραίτητη πίεση στην είσοδο της αντλίας για να εξασφαλισθεί ομαλή λειτουργία και ομαλή τροφοδοσία (δίνεται από τον κατασκευαστή).
- Η ΑΚΘΠΑ εξαρτάται από:
 - Τα ρεολογικά χαρακτηριστικά του υγρού
 - Την απαιτούμενη παροχή
 - Την διάμετρο της εισόδου της αντλίας
 - Την ταχύτητα περιστροφής της αντλίας (RPM)
 - Το μέγεθος της αντλίας
 - Τα χαρακτηριστικά της φτερωτής (για φυγόκεντρες)

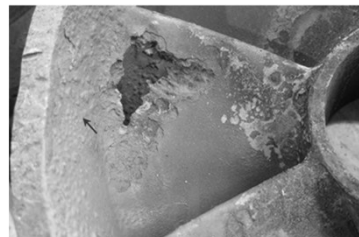
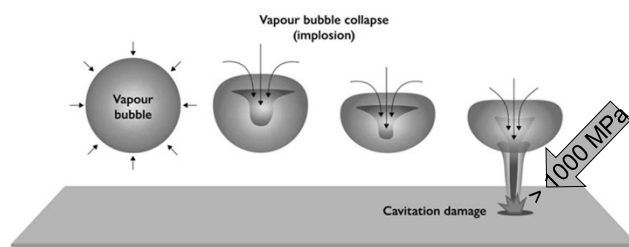
Σχέση NPSH_a και NPSH_r

- ✱ Για να δουλεύει σωστά μια αντλία θα πρέπει να ισχύει η σχέση

$$\text{NPSH}_a > \text{NPSH}_r$$

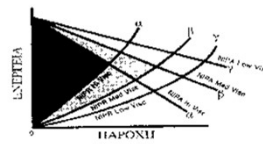
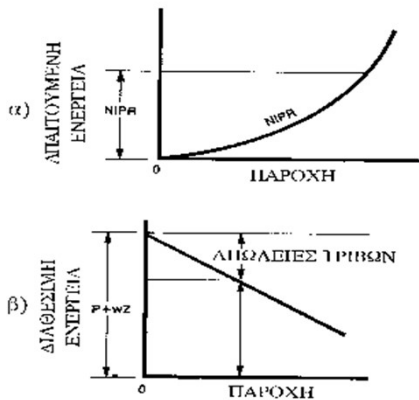
- ✱ Σε αντίθετη περίπτωση η αντλία θα δουλεύει μερικώς άδεια (ή μερικώς γεμάτη) με αποτέλεσμα την εμφάνιση κραδασμών εξαιτίας της σπηλαιώσης (cavitation) στο εσωτερικό της.

Σπηλαιώση



Περιοχή ικανοποιητικής λειτουργίας της αντλίας

Συνδυάζοντας διαγράμματα NPSHa και NPSHr παίρνουμε το διάγραμμα ικανοποιητικής λειτουργίας της αντλίας



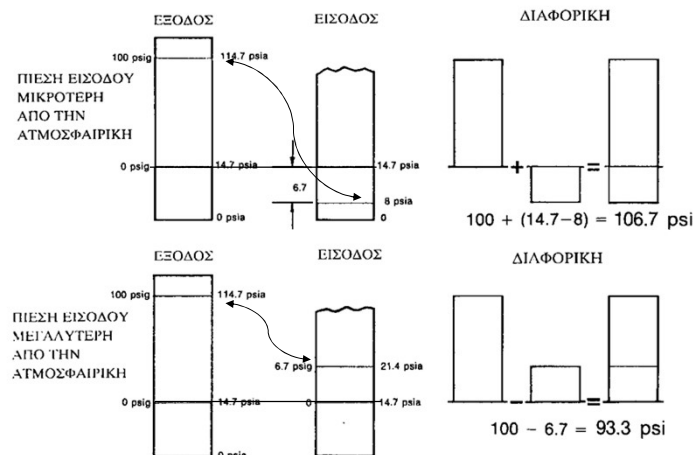
Σχ. 3.31. Παράδοση του υγρού που ρευστό στην περιοχή ικανοποιητικής λειτουργίας μιας αντλίας (α, β, γ: πηλίκι μέτρο, χωρίς αζωδες)

Έννοια του Μανομετρικού

- Το ισοδύναμο ύψος στήλης υγρού που αντιστοιχεί σε μια ορισμένη πίεση, διακρίνεται σε:
 - Στατικό μανομετρικό
 - Μανομετρικό τριβών
 - Μανομετρικό ταχύτητας
 - Μανομετρικό πίεσης
 - Μανομετρικό αναρρόφησης
 - Μανομετρικό κατάθλιψης
 - Συνολικό μανομετρικό (η απαιτούμενη πίεση στην κατάθλιψη προκειμένου να υπερνικηθούν οι τριβές και να ανέβει το ρευστό στο επιθυμητό επίπεδο με την επιθυμητή παροχή)

Διαφορική Πίεση

- Είναι η συνολική διαφορά απόλυτης πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου μιας αντλίας



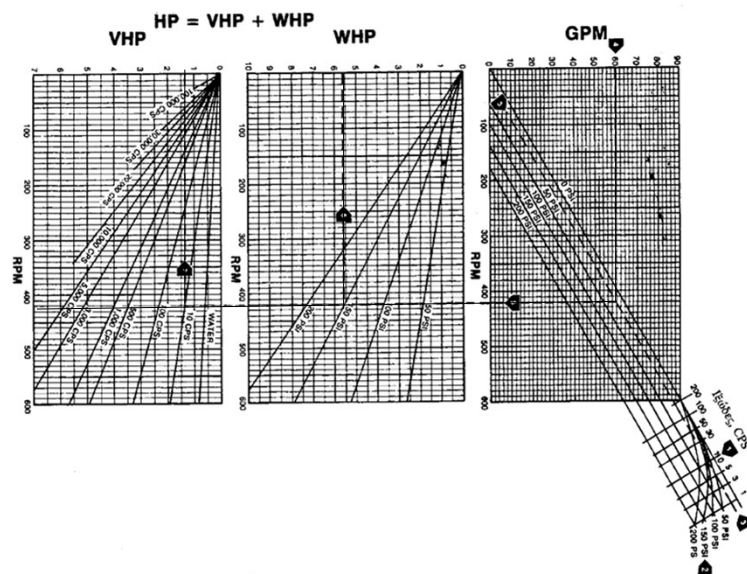
Απαιτήσεις ισχύος αντλίας

- Ο κινητήρας μιας αντλίας θα πρέπει να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες (α) για την μεταφορά του ρευστού και (β) τις ενεργειακές απώλειες στο εσωτερικό της αντλίας.
- Η ισχύς που απαιτείται στην (α) περίπτωση καλείται υδραυλική ιπποδύναμη (WHP).
- Η ισχύς που απαιτείται στην (β) περίπτωση καλείται ιπποδύναμη τριβών (VHP).
- Η συνολική ισχύς της αντλίας (α+β) καλείται συνολική ιπποδύναμη (BHP ή HP).
- Ο λόγος WHP/BHP μας δίνει το συντελεστή απόδοσης της αντλίας (η).

Εκτίμηση υδραυλικής (WHP) και ιπποδύναμης τριβών (VHP)

- Η υδραυλική ιπποδύναμη εκτιμάται:
 - Από διαγράμματα του κατασκευαστή
 - Από τον τύπο $BHP \text{ (ή } HP) = WHP + VHP$
 - Από το ισοζύγιο ενέργειας του Bernoulli
 - Από τον συντελεστή απόδοσης (η)
 - Από τον τύπο: $WHP = (q \cdot \rho \cdot h) / 3960$ (στο σύστημα FPS)
- Η ιπποδύναμη τριβών δίνεται από τον κατασκευαστή σαν πίνακας τιμών ή με την μορφή διαγραμμάτων.

Προσδιορισμός απαιτούμενης ισχύος σε αντλίες εμβόλου θετικής εκτόπισης



Άσκηση

- ✱ Α) Με μια πρόχειρη αναζήτηση, μπορείτε να βρείτε τι τύπου είναι η αντλία που χρησιμοποιείται για την εξωσωματική ροή του αίματος ή τη συλλογή του κατά την αιμοδοσία?
- ✱ Β) Υπολογίστε την απαιτούμενη ισχύ (RPM, VHP, WHP, HP) αντλίας θετικής εκτόπισης με περιστρεφόμενο έμβολο η οποία αντλεί όγκο υγρού 40 GPM με ιξώδες 3 cP και με πίεση μανομετρικού 200 Psi.
- ✱ Γ) Να υπολογισθεί ο συντελεστής απόδοσης της αντλίας.