

# **ΜΗΧΑΝΕΣ ΠΛΟΙΟΥ II**

## **Δίκτυα και σωληνώσεις πλοίου**

*Σημειώσεις εργαστηρίου*

*Αθήνα, 2017*

**ΔΙΚΤΥΑ**

**ΚΑΙ**

**ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ**

**ΠΛΟΙΟΥ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΠΛΟΙΟΥ

#### ΓΕΝΙΚΑ

Η λειτουργική σύνδεση των μηχανημάτων και των χώρων ενός πλοίου, μεταβάλλει το πλοίο σε ζωντανό οργανισμό.

Αυτό επιτυγχάνεται με τα δίκτυα σωληνώσεων, μερικά από τα οποία αφορούν στη λειτουργία του πλοίου και άλλα αφορούν στην ασφάλειά του.

Το δίκτυο είναι ένα σύνολο που αποτελείται από τα διάφορα εξαρτήματα (φίλτρα, συνδέσμους, γωνίες, επιστόμια), μηχανήματα (αντλίες) καθώς και τις απαραίτητες σωληνώσεις.

Κάθε πλοίο έχει κάποια ιδιομορφία στα δίκτυά του και αυτό είναι κάτι που αφήνει περιθώρια πρωτοβουλίας στον Ναυπηγό - Μελετητή, ο οποίος κατά τη σχεδίαση και μελέτη ακολουθεί ορισμένες διαδοχικές φάσεις, με στόχο την καλλίτερη και λειτουργικότερη διευθέτηση των δικτύων σωληνώσεων.

Τα δίκτυα των σωληνώσεων εξυπηρετούν τους παρακάτω σκοπούς :

1. δίκτυα που σχετίζονται με τον προορισμό του πλοίου (όπως για παράδειγμα τα δίκτυα φορτίου στα δεξαμενόπλοια)
2. δίκτυα που σχετίζονται με την πρόωση (δίκτυο καυσίμου, δίκτυο ψύξεως κυρίων μηχανών κ.λ.π.)
3. δίκτυα που εξυπηρετούν τους επιβαίνοντες (πλήρωμα και επιβάτες) στο πλοίο (δίκτυο ποσίμου ύδατος, λάτρας, υγιεινής)
4. δίκτυα που εξυπηρετούν την ασφάλεια του πλοίου (δίκτυο πυρόσβεσης, δίκτυο ερματισμού κ.λ.π.)

Μερικά από τα δίκτυα σωληνώσεων που υπάρχουν στα πλοία είναι :

- Δίκτυο κύτους (bilge),
- έρματος (ballast),
- φορτίου (cargo),
- πόσιμου νερού (freshwater),
- υγιεινής (sanitary),
- πυρόσβεσης (fire fighting),
- μεταγγίσεως καυσίμου (fuel oil transfer),
- γλυκού νερού ψύξεως (freshwater cooling),
- λιπάνσεως (lubricating oil),
- πεπιεσμένου αέρα (compressed air),
- δίκτυο θέρμανσης δεξαμενών φορτίου ή/και καυσίμου (tank heating),
- κλιματισμού χώρων επιβατών – πληρώματος (air conditioning passenger – crew accommodation)
- αδρανούς αερίου (inert gas)
- υδραυλικό σύστημα πηδαλίου (steering gear)
- καυσίμου (fuel service line)
- ψύξης γλυκού νερού (fresh water cooling)
- δίκτυο κυκλοφορίας θάλασσας ( sea water circulating)
- βοηθητικού ατμού (auxiliary steam)

Υπάρχουν και ειδικά δίκτυα σε συγκεκριμένου τύπου πλοία, όπως για παράδειγμα τα δίκτυα ατμού στα ατμο-στροβιλοκίνητα πλοία :

- δίκτυο ατμού : κύριο / βοηθητικό (main steam / auxiliary steam system (line))
- δίκτυο ατμού απομάστευσης (turbine bleed system)
- τροφοδοτικού νερού (feed water)
- αποστράγγισης / συμπυκνωμάτων (drain / condensate line)

## **ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ**

Όταν γίνεται η εγκατάσταση των δικτύων στο πλοίο, είναι απαραίτητο να ακολουθούνται ορισμένες βασικές αρχές.

- Οι σωληνώσεις πρέπει να τοποθετούνται απλά και με τάξη, ώστε να είναι εύκολη η κατασκευή, η συντήρηση, η λειτουργία και η πιθανή αντικατάσταση τμημάτων του δικτύου σε τυχόν αβαρία. Και αυτό είναι σημαντικό διότι πολλές φορές η συντήρηση ή και η επισκευή μέρους κάποιου δικτύου είναι πολύ πιθανό να χρειαστεί να γίνει σε κάποιο ταξίδι του πλοίου μακριά από το ναυπηγείο, με μικρό αριθμό προσωπικού και οπωσδήποτε κάτω από χειρότερες καιρικές συνθήκες από αυτές που επικρατούν στο ναυπηγείο.
- Οι σωληνώσεις πρέπει να είναι προσιτές χωρίς να εμποδίζεται η συντήρηση άλλων μηχανημάτων. Απαραίτητη είναι η καλή στήριξη των σωληνώσεων ώστε να μην κινδυνεύουν από τις ταλαντώσεις (δυναμική φόρτιση) καθώς και η πρόβλεψη κατάλληλων αντισταθμιστών για περιπτώσεις θερμικής διαστολής.
- Οι σωληνώσεις που τοποθετούνται εξωτερικά στα καταστρώματα, πρέπει να προστατεύονται από κατάλληλες προστατευτικές κατασκευές, ώστε να μην υπάρχει ο κίνδυνος να χτυπηθούν και να προκληθεί γενικότερη φθορά στο δίκτυο.
- Οι σωληνώσεις δεν επιτρέπεται να διέρχονται μέσα από χώρους ενδιαίτησης (καμπίνες επιβαινόντων, σαλόνια, τραπεζαρίες και λοιπούς χώρους ενδιαίτησης) εκτός από τα δίκτυα εκείνα που εξυπηρετούν αυτούς τους χώρους (όπως για παράδειγμα τα δίκτυα ζεστού - κρύου νερού, τα δίκτυα κλιματισμού).
- Επίσης δεν επιτρέπεται οι σωληνώσεις του καυσίμου να διέρχονται μέσα από δεξαμενές τροφοδοτικού νερού, ποσίμου νερού, δεξαμενές λιπαντικών, δεξαμενές έρματος. Αυτό είναι δυνατό να επιτραπεί εάν οι συγκεκριμένες σωληνώσεις διέρχονται μέσα από άλλες μεγαλύτερης διαμέτρου και αυτό για την αποφυγή φθορών και βλαβών σε περίπτωση διαρροής. Στις δεξαμενές έρματος μπορεί να επιτραπεί η διέλευση αυτών των σωληνώσεων όταν έχει προβλεφθεί για το σκοπό αυτό, μεγαλύτερο (ενισχυμένο) πάχος του τοιχώματος αυτών των σωληνών.
- Ιδιαίτερα για τις σωληνώσεις ερματισμού, αυτές είναι δυνατό να διέρχονται μέσα από δεξαμενές καυσίμου ή υγρού φορτίου, αλλά τότε θα έχουν αυξημένο πάχος τοιχώματος, ή θα διέρχονται μέσα από κατάλληλη σήραγγα. Επίσης πρέπει να είναι συγκολλητές (χωρίς φλάντζες) και να διαθέτουν συνδέσμους που να επιτρέπουν τη διαστολή τους.

- Σημαντικό ζήτημα είναι η διατήρηση της στεγανότητας στα σημεία διέλευσης των σωληνώσεων από στεγανές φρακτές. Αυτό αντιμετωπίζεται με τη συγκόλληση κατάλληλων τεμαχίων στα σημεία διέλευσης και η σύνδεση των σωλήνων του δικτύου γίνεται με τη χρήση κατάλληλων φλαντζών.
- Για εύκολο και απρόσκοπτο χειρισμό των επιστομίων , τα βαλβιδοκιβώτια ή τα μεμονωμένα επιστόμια πρέπει να τοποθετούνται πάνω από δάπεδα / πανιόλα.

**Για το σχεδιασμό και τη μελέτη των δικτύων των σωληνώσεων, πρέπει να καθορισθούν :**

1. η απαίτηση λειτουργίας από το δίκτυο
2. οι παροχές
3. οι πιέσεις
4. οι θερμοκρασίες.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα διαγραμματικό σχέδιο για την περιγραφή του δικτύου και τον καθορισμό του μικρότερου δυνατού αριθμού εξαρτημάτων απαραίτητων για τη λειτουργία του δικτύου .

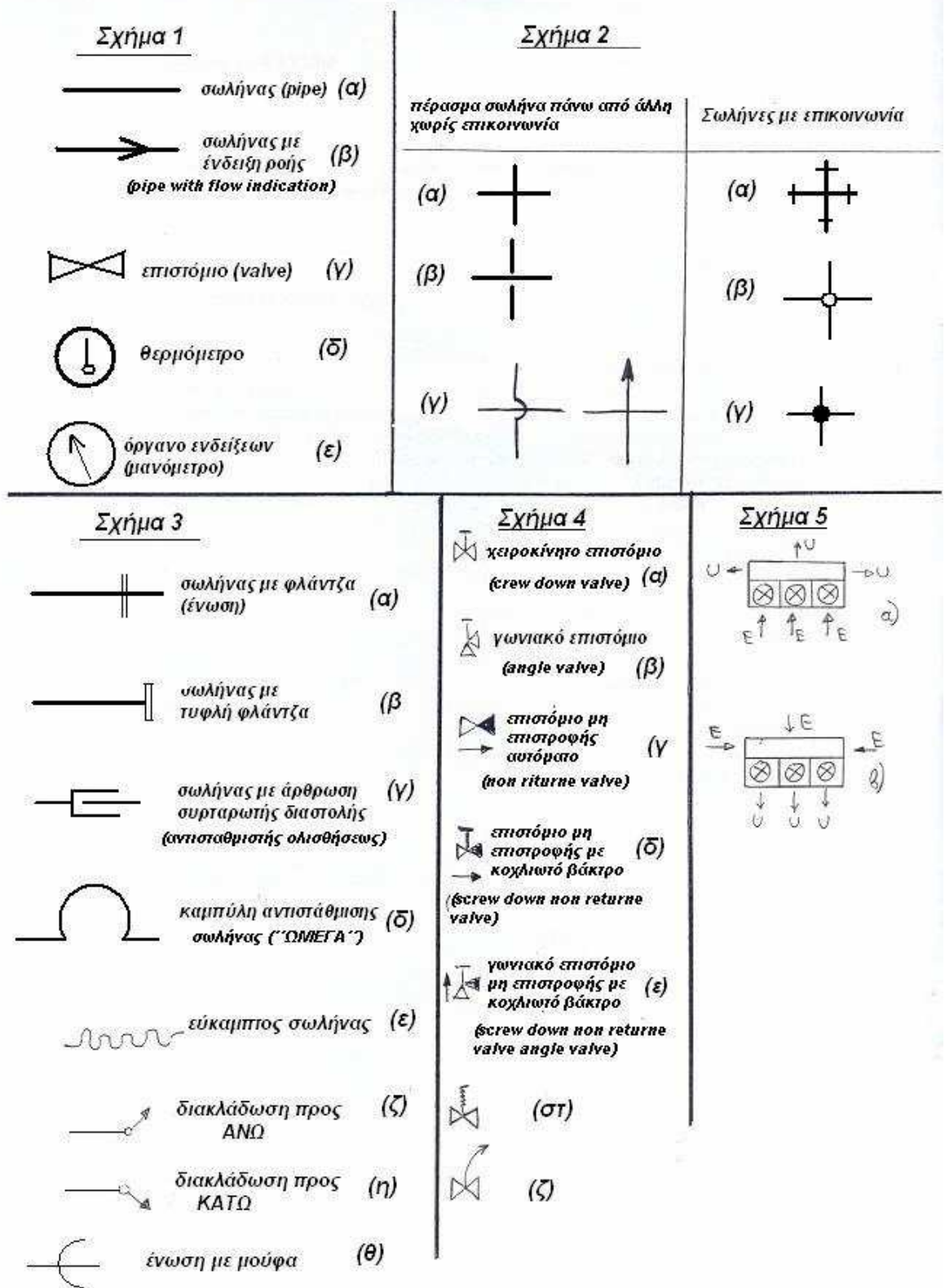
**Επιλέγεται το κατάλληλο υλικό** για το συγκεκριμένο δίκτυο, και ακολουθεί ο υπολογισμός :

1. της διαμέτρου
2. του πάχους τοιχώματος της σωλήνας
3. της μονώσεως (όπου απαιτείται)
4. έλεγχος θερμικής διαστολής και ευλυγισίας των σωλήνων
5. πρόβλεψη / υπολογισμός διαστολικών εξαρτημάτων

**Γραφική παρουσίαση**

Για μια άμεση και λογική κατανόηση ενός δικτύου, χρησιμοποιούνται ορισμένα γραφικά σήματα τα περισσότερα των οποίων είναι τυποποιημένα από την UNAV και μερικά συνιστώνται από την ISO.

Σε κάθε σχέδιο δικτύου , περιλαμβάνεται και σχετικό υπόμνημα με τα χαρακτηριστικά της κάθε σωλήνωσης (ονομαστική διάμετρος , ή εξωτερική διάμετρος και πάχος τοιχώματος) και σε περίπτωση που στο εν λόγω σχέδιο παρουσιάζονται πέραν του ενός δικτύου σημειώνεται ξεχωριστή γραμμική παρουσίαση για την αναγνώριση του κάθε δικτύου.



Στο **σχήμα 1-α** παρουσιάζεται ένας σωλήνας :

στο 1-β δείχνεται η διεύθυνση - κατεύθυνση της ροής

στο 1-γ είναι το σχήμα μιας βαλβίδας

στο 1-δ είναι ένα φίλτρο

στο 1-ε είναι το σχήμα ενός οργάνου ενδείξεων

Στο **σχήμα 2** παρουσιάζεται η διασταύρωση και η διακλάδωση των σωλήνων, εννοώντας για διασταύρωση το πέραςμα ενός σωλήνα πάνω από τον άλλον χωρίς επικοινωνία, το αντίθετο εννοείται για τη διακλάδωση.

Από τις διάφορες παρουσιάσεις των διασταυρώσεων και διακλαδώσεων, προτιμώνται αυτές της UNAV (σχ. 2 δ) με το τοξάκι να σημαίνει τον πάνω σωλήνα και με το σημείο (•) να σημαίνει την εσωτερική επικοινωνία των ροών.

Στο **σχήμα 3**, παρουσιάζονται

- (α) σωλήνας με φλάντζα
- (β) σωλήνας με τυφλή φλάντζα
- (γ) σωλήνας με άρθρωση συρταρωτής διαστολής
- (δ) σωλήνας σε σχήμα ‘ωμέγα’
- (ε) σωλήνας εύκαμπτος
- (ζ) και (η) σωλήνας που, αντίστοιχα, ανεβαίνει και κατεβαίνει

Στο **σχήμα 4**, παρουσιάζονται γραφικές ενδείξεις βαλβίδων

- (α) βαλβίδα χειροκίνητη
- (β) βαλβίδα με γωνία
- (γ) βαλβίδα ανεπίστροφη αυτόματο (το τόξο που δείχνει τη ροή είναι προαιρετικό)
- (δ) βαλβίδα ανεπίστροφη χειροκίνητη
- (ε) βαλβίδα ανεπίστροφη χειροκίνητη με γωνία
- (στ) βαλβίδα ασφαλείας με ελατήριο
- (ζ) βαλβίδα με χειρισμό εξ αποστάσεως

Στο **σχήμα 5** παρουσιάζονται σε κάτοψη, δύο κιβώτια επιστομίων στα οποία είναι τοποθετημένα πολλά επιστόμια για οικονομία σωλήνων και χωρισμάτων.

Στο **σχήμα 5α**, παρουσιάζεται ένα κιβώτιο επιστομίων αναρρόφησης με τις σωλήνες εισόδου (E) και μια ή περισσότερες σωλήνες εξόδου (U). Το άνοιγμα ενός επιστομίου θέτει σε επικοινωνία την αντίστοιχη σωλήνα (E) με το συλλέκτη εξόδου, δηλαδή με τη σωλήνα (U).

Αναλόγως το **σχήμα 5-β** είναι ένα κιβώτιο κατάθλιψης.

**ΥΛΙΚΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΠΛΟΙΩΝ****1. ΓΕΝΙΚΑ**

Η επιτυχημένη εκλογή υλικών έχει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας του πλοίου.

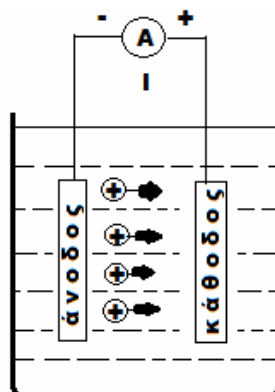
Η εκλογή του κατάλληλου υλικού δυσκολεύεται από το περιβάλλον, τις συνθήκες λειτουργίας και τις απαιτήσεις ασφαλείας. Για τα υλικά των σωληνώσεων των πλοίων οι απαιτήσεις συνοψίζονται στα παρακάτω σημεία :

- 1.** αντοχή σε χημική και μηχανική διάβρωση από το περιβάλλον του σωλήνα αλλά και από το ρευστό που ρέει μέσα σ' αυτόν.
- 2.** μηχανική αντοχή στην εσωτερική πίεση και θερμοκρασία λειτουργίας του ρευστού, αντοχή στις συστολές - διαστολές, υδραυλικές κρούσεις.
- 3.** ολκιμότητα, για να είναι εύκολη η κατεργασία και διαμόρφωσή τους.
- 4.** δυνατότητα στεγανής σύνδεσης με άλλα τμήματα σωλήνα και εξαρτήματα.
- 5.** ευκολία εγκατάστασης και συντήρησης
- 6.** διάρκεια ζωής

**Χημική διάβρωση** γίνεται όταν κάποιο αέριο ή υγρό προσβάλλει ένα μέταλλο ή άλλο υλικό. Η διάβρωση αυτή εύκολα αποφεύγεται με εκλογή κατάλληλου υλικού ή με βαφή με προστατευτικό στρώμα.

Το πρόβλημα όμως που ιδιαίτερα παρουσιάζεται στην εκλογή υλικών των σωληνώσεων, είναι η φθορά των μετάλλων με τη βοήθεια ηλεκτρολύτη και με κάποια ηλεκτροχημική αντίδραση, δηλαδή η **ηλεκτρομηχανική διάβρωση (GALVANIC CORROSION)**.

Βυθίζοντας μέσα σε ηλεκτρολύτη (θαλασινό νερό) δύο διαφορετικά ηλεκτρόδια (μεταλλικά) τα οποία συνδέονται μεταξύ τους παρεμβάλλοντας ένα αμπερόμετρο, παρατηρείται ροή ηλεκτρονίων από την άνοδο στην κάθοδο μέσα από μια εξωτερική αγώγιμη σύνδεση.



**Σχήμα 5α**



Η άνοδος απελευθερώνει θετικά ιόντα τα οποία πηγαίνουν προς την κάθοδο μέσα από τον ηλεκτρολύτη , με συνέπεια σύμφωνα με το νόμο του Faraday να φθείρεται η άνοδος και η φθορά αυτή σε μάζα υλικού της ανόδου να υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$m = \frac{AB \times t}{n \times F} \times I , \text{ όπου :}$$

- $m$  = η μάζα που χάνει η άνοδος
- $AB$  = ατομικό βάρος του στοιχείου της ανόδου
- $t$  = η διάρκεια της ηλεκτρόλυσης
- $I$  = η ένταση του ρεύματος
- $F = 26,8 \text{ Ah}$  (σταθερά)

Οι αντιδράσεις που γίνονται στην εξέλιξη του φαινομένου και όταν η άνοδος είναι από σίδηρο , είναι :

- στην άνοδο :  $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e^{-}$
- στην κάθοδο :  $O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$  (αυτή η αντίδραση είναι επικρατέστερη για την εξουδετέρωση των ηλεκτρονίων που έρχονται στην άνοδο , σε περιβάλλον θάλασσας , πόσιμου νερού , βρόχινου νερού , νερού ποταμού)  
ή  $2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2$

Η ένταση του ρεύματος (υπάρχει κάποιο αμπερόμετρο στην εξωτερική σύνδεση) εξαρτάται από την τάση που αναπτύσσεται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων, τάση που είναι χαρακτηριστική ανάλογα με το υλικό των ηλεκτροδίων.

Η γαλβανική (ή ηλεκτροχημική) σειρά των μετάλλων δίνει την τάση κάθε μετάλλου (πίνακας 1) ως προς το ίδιο ηλεκτρόδιο αναφοράς, συνεπώς και την τάση μεταξύ των διαφόρων μετάλλων.

Γαλβανική σειρά συνηθισμένων ,εταλλικών υλικών μέσα σε τεχνητό θαλασσινό νερό , κεκορεσμένο με αέρα που βρίσκεται σε κίνηση , κατά Elze και Oelsner . pH = 7,5 , 25°C , 1 at.

| Μέταλλο              | $E_H$ (mV)                 | Μέταλλο | $E_H$ (mV)                    |       |
|----------------------|----------------------------|---------|-------------------------------|-------|
| ΚΑΘΟΔΙΚΑ             | Χρυσός                     | (+243)  | Κασσίτερος Sn 98,5            | -284  |
|                      | Αργυρός                    | +149    | Στρώμα χρωμίου πάνω σε χάλυβα | -291  |
|                      | Νικέλιο Ni 99,6            | +46     | GGL-18                        | -307  |
|                      | Silverfin (χρόμα Ni-Cu)    | +12     | StSZn (χάλυβας)               | -335  |
|                      | CuZn 28 Sn (μπροϋντζος 70) | +28     | AlCuMg                        | -339  |
|                      | CuZn 37 (μπροϋντζος 63)    | +13     | GGL-22                        | -347  |
|                      | Monel K (χρόμα Ni-Cu)      | +12     | Κόχμιτο (μέταλλο ανόδων)      | -519  |
|                      | Χαλκός                     | -10     | Αλουμίνιο Al 99,5             | -667  |
|                      | Χαλκός επηρυλλίου, σκληρός | 0       | AlMgSi                        | -785  |
|                      | Νεάργυρος 6218             | -1      | Στρώμα Ψευδ. πάνω σε χάλυβα   | -794  |
|                      | AlMBz 10                   | -1      | (100 μm)                      |       |
|                      | Elmedur                    | -8      | Ψευδάργυρος Zn 98             | -809  |
|                      | Ασημοκόλληση 4404          | -15     | GD ZnAl 4                     | -935  |
|                      | X 12 CrNi 18.8, άδραν.     | -45     | GK ZnAl 6 Cu 1                | -987  |
| Τιτάνιο              | -111                       | ΑΝΟΔΙΚΑ | Κρόμα Μαγνησίου               | -1355 |
| X 22 CrNi 17, άδραν. | -134                       |         | (Elektron AM 503)             |       |
| Μόλυβδος             | -259                       |         |                               |       |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Όταν υπάρχουν δύο διαφορετικά μέταλλα όπου η διαφορά τάσεως μεταξύ τους είναι σημαντική και από τη μια μεριά βρίσκονται σε ηλεκτρική επαφή ενώ από την άλλη είναι βυθισμένα σε ηλεκτρολύτη (θάλασσα ή γλυκό νερό), δημιουργείται γαλβανική δράση και τότε φθείρεται το περισσότερο ανοδικό από τα δύο μέταλλα.

Η ένταση του φαινομένου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ένας σημαντικός από τους οποίους είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του ηλεκτρολύτη (πίνακας 2 για την ηλεκτρική αγωγιμότητα του θαλασσινού νερού).

Ηλεκτρική αγωγιμότητα θαλασσινού νερού σε  $10^5 \text{ sec/cm}$  κατά Dietrich και Kalle

| Θερμοκρασία<br>°C | Περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού σε άλατα κατά μάζα % |             |             |             |
|-------------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                   | 1,0  | 2,0         | 3,0         | 4,0         |
| 0                 | 923  | 1747        | 2528        | 3276        |
| 15                | <b>1378</b>  | <b>2594</b> | <b>3740</b> | <b>4004</b> |
| 20                | 1712   | 3214        | 4626        | 5967        |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Στον ΠΙΝΑΚΑ 3 δίδεται η πιθανότητα ηλεκτροχημικής διάβρωσης ανάμεσα σε διάφορα ζεύγη μετάλλων.

Μεγάλη σημασία για τη διάβρωση της ανόδου είναι ο λόγος των επιφανειών των δύο ηλεκτροδίων.

Εάν ο λόγος (Α)ανόδου / (Α)καθόδου είναι μικρός, τότε για μια ορισμένη ένταση ρεύματος η πυκνότητα της έντασης στην άνοδο θα είναι μεγαλύτερη, άρα και πιο γρήγορη η φθορά της.

Συνεπώς ο λόγος αυτός πρέπει να είναι μικρός, οπότε δεν φθείρεται η άνοδος.

Στον ΠΙΝΑΚΑ 4 δίδεται η ακριβής χημική σύνθεση των χαλύβων που χρησιμοποιούνται σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Φαίνεται ότι η αντοχή των χαλύβων αυξάνεται με την προσθήκη χρωμίου, μολυβδενίου και βαναδίου.

Στον ΠΙΝΑΚΑ (5 α και 5 β) δίδονται τα καταλληλότερα υλικά για κάθε δίκτυο, ενώ στον ΠΙΝΑΚΑ 6 δίδεται η διάρκεια ζωής διαφόρων σωληνώσεων πλοίων (στατιστικός προσδιορισμός).

**ΠΙΘΑΝΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΑΛΒΑΝΙΚΩΝ ΖΕΥΓΩΝ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ, ΟΠΟΥ Η ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ ΣΤΗΝΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΗΛΗ ΕΙΝΑΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΙΚΡΗ (S), ΠΕΡΙΠΟΥ ΙΣΗ (E), ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕΓΑΛΗ (L) ΣΥΓΚΡΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ ΜΕ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΤΕΙ. ΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΩΤΩΝ ΣΤΗΛΩΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥΝ ΣΤΑ ΙΔΙΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΟΠΩΣ ΔΙΔΟΝΤΑΙ ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΗΝ ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΗΛΗ.**

U = ΔΥΣΜΕΝΗΣ - Η φθορά κατ' των δύο όλικών μπορεί να αύξηθῆ μέτρια ἢ ἔντονα  
(1): Εὐνόηση διαφορετικῆ ἀπὸ ἐκείνη ἀναλωσίων ἀνόδων

X = ΑΒΕΒΑΙΑ - Η κατεύθυνση κατ'ἢ τὸ μέγεθος τοῦ φαινομένου στὴν κανονικῆ συμπεριφορᾶ μπορεί νὰ ποικίλῃ ἀνάλογα μὲ τὴς συνθήκες

C = ΣΥΝΒΙΒΑΣΤΗ - Η φθορά κατ' των δύο ὀλικών εὐναί κανονικῆ ἀνεκτῆ

|     |  |   |   |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|---|---|
| 1.  | Κράματα Μαγνησίου (1)                              | S | E | L | U | C | X |
| 2.  | Ψευδάργυρος (1)                                    | S | E | L | U | C | X |
| 3.  | Βηρύλλιο   | S | E | L | U | C | X |
| 4.  | Κράματα Άλουμινίου                                 | S | E | L | U | C | X |
| 5.  | Κάδμιο   | S | E | L | U | C | X |
| 6.  | Έλατός Χάλυβας - Άκατέργατος Εὐδήρος               | S | E | L | U | C | X |
| 7.  | Χυτοσίδηρος  | S | E | L | U | C | X |
| 8.  | Έλαφρά κράματα χαλύβων ὕψηλης ἀντοχῆς              | S | E | L | U | C | X |
| 9.  | Ni-Resist Types 1 & 2                              | S | E | L | U | C | X |
| 10. | Μπρούντζος   | S | E | L | U | C | X |
| 11. | Κασσίτερος   | S | E | L | U | C | X |
| 12. | Χαλκός (CA 102,110) Πυριτιούχος Μπρούντζος(CA 655) | S | E | L | U | C | X |
| 13. | Ευγκόλληση Μολύβδου - Κασσίτερου                   | S | E | L | U | C | X |
| 14. | Κασσιτερούχος Μπρούντζος (G & M)                   | S | E | L | U | C | X |
| 15. | Άνοξειδωτος χάλυβας 12-14% Cr                      | S | E | L | U | C | X |

|     |                                       |   |   |   |   |   |   |
|-----|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| 16. | Νικελιούχος Άργυρος                   | S | E | L | U | C | X |
| 17. | Νικελιούχος χαλκός 90/10              | S | E | L | U | C | X |
| 18. | Νικελιούχος χαλκός 80/20              | S | E | L | U | C | X |
| 19. | Άνοξειδωτος χάλυβας 16-18% Cr         | S | E | L | U | C | X |
| 20. | Μόλυβδος                              | S | E | L | U | C | X |
| 21. | Νικελιούχος χαλκός 70/30              | S | E | L | U | C | X |
| 22. | Όρειχάλκος νικελ. & αλουμ.            | S | E | L | U | C | X |
| 23. | Κράμα Inconel 600                     | S | E | L | U | C | X |
| 24. | Άσημκοκόλληση                         | S | E | L | U | C | X |
| 25. | Νικέλιο 20Q                           | S | E | L | U | C | X |
| 26. | Άργυρος                               | S | E | L | U | C | X |
| 27. | Άνοξειδωτος χάλυβας 18 Cr, 8 Ni       | S | E | L | U | C | X |
| 28. | Κράμα Monel 400, K-500                | S | E | L | U | C | X |
| 29. | Άνοξειδωτος χάλυβας 18 Cr, 12 Ni-Mo   | S | E | L | U | C | X |
| 30. | Κράμα Incoloy 825                     | S | E | L | U | C | X |
| 31. | Τιτάνιο, Κράμα Inconel 625            | S | E | L | U | C | X |
| 32. | Γραφίτης, γραφιοποιημένος χυτοσίδηρος | S | E | L | U | C | X |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3**



**ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

Χημική σύνθεση υλικών σωλήνων ύψους πίεσης και θερμοκρασίας.

| Τύπος χάλυβα  | Τάση θραύσεως $Kp/mm^2$ | Μέθοδος ανάλυσης | Χημική σύνθεση % |           |           |        |        |               | Υπόλοιπα στοιχεία |           |       |           |           |       |   |       |  |
|---|-------------------------|------------------|------------------|-----------|-----------|--------|--------|---------------|-------------------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|---|-------|--|
|   |                         |                  | C                | Si        | Mn        | S      | P      | Ni            | Cr                | Mo        | Cu    | V         | Sh        |       |   |       |  |
| Αυθροκοχός Κατηγορίας I                               | 35-47                   | Si ή Al          | <0,20            | 0,10-0,35 | 0,40-0,90 | <0,050 | <0,050 | Ni ≤ 0,30     |                   |           |       |           |           |       |   |       |  |
|   | 42-54                   | "                | <0,25            | 0,10-0,35 | 0,40-1,00 | <0,050 | <0,050 | Cr ≤ 0,25     |                   |           |       |           |           |       |   |       |  |
| Αυθροκοχός Κατηγορίας II                              | 33-45                   | όπου αθή-        | <0,18            | -         | 0,30-0,70 | <0,050 | <0,050 | Mo ≤ 0,10     |                   |           |       |           |           |       |   |       |  |
|   | 35-47                   | ποτε             | <0,20            | <0,35     | 0,30-0,90 | <0,050 | <0,050 | Cu ≤ 0,30     |                   |           |       |           |           |       |   |       |  |
|   | 42-54                   |                  | <0,25            | <0,35     | 0,30-1,00 | <0,050 | <0,050 | Σύνολο ≤ 0,70 |                   |           |       |           |           |       |   |       |  |
| 1 Cr- $\frac{1}{2}$ Mo                                | 42-63                   | Si               | 0,10-0,15        | 0,10-0,35 | 0,40-0,70 | <0,040 | <0,040 | <0,30         | 0,70-1,10         | 0,45-0,65 | <0,25 | -         | -         | -     | - | <0,03 |  |
|   | 2 $\frac{1}{4}$ Cr-1 Mo | "                | 0,08-0,15        | 0,10-0,50 | 0,40-0,70 | <0,040 | <0,040 | <0,30         | 2,00-2,50         | 0,90-1,20 | <0,25 | -         | -         | -     | - | <0,03 |  |
| 1 $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{4}$ V | 50-70                   | "                |                  |           |           |        |        |               |                   |           |       |           |           |       |   |       |  |
|   | 47-62                   | "                | <0,15            | 0,10-0,35 | 0,40-0,70 | <0,040 | <0,040 | <0,30         | 0,25-0,50         | 0,50-0,70 | <0,25 | 0,22-0,30 | 0,22-0,30 | <0,03 |   |       |  |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4**

| ΔΙΚΤΥΟ                   | ΣΩΛΗΝΕΣ   | ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ    | ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ                                      | ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ   |
|--------------------------|---|---------------|--|--|
| Κίτους<br>(ΦΕΝΤΙΝΕΣ)     | Χαλύβδ.γαλβανισμ.   | 3             | Ευγκολλητές φλάντζες                           | Χυτοσίδηρᾶ,<br>έσ.τεμ.:Rg 10.  |
| Εμπροσ                   | Χαλύβδ.γαλβανισμ.   | 3             | Viking Johnson ἢ<br>συγκολλητές φλάντζες       | Χυτοσίδηρᾶ,<br>έσ.τεμ.:Rg 10.  |
|                          |   |               | Ἐπιστόμ.θάλασ. :                               | Χυτοχαλύβδινᾶ,<br>έσ.τεμ.:Rg 10.   |
| Καυσίμου                 | Χαλύβδινοι  | 2             | Συγκολλητές φλάντζες                           | Χυτοσίδηρᾶ,<br>έσ.τεμ.:χαλύβδινᾶ<br>Ζεστό βαρὺ πετρ.<br>έσ.τεμ.:άνοξ.χάλυβες |
| θάλασας<br>(ψύξεως)      | Χαλύβδ.γαλβανισμ.<br>CuNi10Fe(90/10/1,5)<br>CuNi30Fe(70/30/0,5) | 3<br>1<br>1   | Ευγκολλητές φλάντζες<br>Ἐλευθ. φλάντζες<br>" " | Χυτοσίδηρᾶ,<br>έσ.τεμ.:Rg 10 ἢ<br>έξ ολοκλ.Rg 10.                            |
| Γλυκοῦ νεροῦ<br>(ψύξεως) | Χαλύβδ.γαλβανισμ.   | 2             | Συγκολλητές φλάντζες                           | Χυτοσίδηρᾶ,<br>έσ.τεμ.:Rg 5.   |
| Πετρεομένου<br>ἀέρα      | Χαλύβδινοι χωρὶς<br>ραφή  | 2             |  | Χαλύβδινᾶ ἢ Χυτοχα-<br>λύβδινᾶ, έσ.τεμ.:<br>άνοξ.χάλυβες.                    |
| Καυσαερίων               | Χαλύβδινοι  | 3             |  | Χαλύβδινᾶ  |
| Ζυγκᾶτᾶς                 | Χαλύβδ.γαλβανισμ.   | 3             | Συγκολλητές φλάντζες<br>ἢ Viking Johnson       | Χυτοσίδηρᾶ,<br>έσ.τεμ.:Rg 10.  |
|                          |   |               | Σύνδ.έλ.σωληνῶν :                              | έξ ολοκλ.Rg 10.  |
| Ἀποχετεύσεως             | Χαλύβδ.γαλβανισμ.<br>PVC, PE, PP                                | 3<br>1        | Συγκολλητές φλάντζες                           |  |
| Ποσίμου<br>νεροῦ         | Χαλύβδ.γαλβανισμ.<br>Χάλκινοι,<br>PVC, PE, PP                   | 2<br>1-2<br>1 |  | Χυτοσίδηρᾶ,<br>έσ.τεμ.:Rg 5.   |
| Ζεστοῦ<br>νεροῦ          | Χαλύβδινοι<br>Χάλκινοι  | 3-4<br>2      |  | Χυτοσίδηρᾶ   |
| ε>45°C                   | PP<70°C   | 2             |  |  |
| Καυτοῦ<br>νεροῦ          | Χαλύβδινοι<br>Χάλκινοι<br>Χυτοχαλύβδινοι                        | 2<br>2<br>2   |  |  |

ΠΙΝΑΚΑΣ 5α

**ΥΛΙΚΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΠΛΟΙΩΝ**

| ΔΙΚΤΥΟ                              | ΣΩΛΗΝΕΣ  | ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ | ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ   | ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ    |
|-------------------------------------|--|------------|---|---------------|
| Άτμοσ                               | Άνθρακοϋχέλ χαλύβες<br>ή κράματα <b>Cr, Mo, V</b><br>για ύψηλές θερμοκρασ. | 2          | Ευγκολλητές φλάντζες                              | Χυτοχαλύβδινα |
| Στεγρές<br>θερμαντικών<br>στοιχείων | St 35.8<br><b>CuZn 20 Al</b>   | 3<br>1     | Ευγκολλητές                                       | Χυτοχαλύβδινα |
| Ψεαερυστικά<br>& Μετρητικά          | <b>Χαλύβδ. γαλβανισμ.</b>  | 2          | Ευγκολλητές φλάντζες<br>ή <b>Viking - Johnson</b> |               |
| <u>Χημική σύνδεση κραμάτων</u>      |  |            |   |               |
| Rg 5                                | Cu85Sn5Zn5Pb5  |            | <b>Gunmetal</b>                                   |               |
| Rg 10                               | Cu85Sn10Zn2Pb3   |            | <b>Gunmetal</b>                                   |               |
| CuZn20Al                            | Cu76Zn22Al   |            | Aluminium brass                                   |               |
| CuNi10Fe                            | Cu88Ni10Fe1,5Mg0,5   |            | Cupronickel                                       |               |
| CuNi30Fe                            | Cu87,5Ni9,1Fe0,5Mg1  |            | Cupronickel                                       |               |
| PVC                                 |  |            | Polyvinylchlorid                                  |               |
| PE                                  |  |            | Polyäthylen                                       |               |
| PP                                  |  |            | Polypropylen                                      |               |

Κώδικας αξιολόγησης

- 1 πολύ ανθεκτικό
- 2 ανθεκτικό
- 3 **ανθεκτικά με ορισμένες συνθήκες**
- 4 μη ανθεκτικό
- 5 άσπαστο

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5B**

**ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΑ ΥΛΙΚΑ**  
(σε παρένθεση οι μέσες τιμές)

| Δίκτυο                     | Ρευστό            | Υλικό σωλήνα  |                    |              |                |              |              |                 |            |
|----------------------------|-------------------|---------------|--------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|------------|
|                            |                   | Χάλυβας       |                    | Χυτοσίδηρος  | Cu             | CuZn21Al2    | CuNi10Fe     | CuNi30Fe        | PVC        |
|                            |                   | μάθρος        | γαλβαν. έπ. έλαστ. |              |                |              |              |                 |            |
| *Υγλυκής                   | θαλ. νερό         | -             | 2±20<br>(5,7)      | -            | 2±10<br>(5,9)  | -            | >10<br>(>20) | >22<br>(>22)    | >8<br>(20) |
| Ψύξεως, κόντ. έρματος      | θαλ. νερό         | -             | 2±20<br>(9,2)      | >20<br>(>20) | 5±8<br>(5)     | -            | -            | >20<br>(>20)    | -          |
| Ψύξεως                     | Γλυκ. νερό        | 2±13          | -                  | -            | -              | -            | -            | -               | -          |
| Πυρκαϊές, κλυσμάτος        | θαλ. νερό         | -             | 2±20<br>(6,9)      | -            | 10±20<br>(17)  | -            | -            | -               | -          |
| *Ατμοθ κατάστρ. καυσαερίων | *Ατμός, καυσαέρια | 2±20<br>(8,9) | -                  | -            | 5±20<br>(13,9) | -            | -            | -               | -          |
| Θερμόσσεις χώρων φορτ.     | *Ατμός            | 2±10<br>(5,1) | -                  | -            | -              | >5<br>(>5)   | -            | -               | -          |
| Καυσίμου, λιπ. λαδιού      | Καύσιμο, λάδι     | 8±20          | -                  | -            | -              | -            | -            | -               | -          |
| Αιολού φυγέλου             | θαλ. νερό         | -             | -                  | -            | -              | 5±20<br>(15) | >10<br>(>10) | 10±20<br>(18,5) | -          |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6**

## ΥΛΙΚΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

### 2. Είδη – ιδιότητες – εφαρμογές

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα σωληνώσεων είναι :

- **Υλικά με βάση το σίδηρο** : οι σωλήνες που κατασκευάζονται από σίδηρο / χάλυβα έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα , δεδομένου ότι ο σίδηρος και ο χάλυβας έχουν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες . Έχουν μεγάλη αντοχή στις τάσεις από τις καταπονήσεις που υφίστανται λόγω της ροής των ρευστών αλλά και από τις κινήσεις του σκάφους , παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά στις υψηλές θερμοκρασίες , είναι σχετικά μαλακοί οπότε είναι εύκολη η επεξεργασία τους (εν θερμώ αλλά και εν ψυχρώ) . Επίσης είναι εύκολη η σύνδεση μεταξύ τους με συγκολλήσεις , με σπειρώματα , με φλάντζες .
- Γενικά οι σωλήνες αυτοί είναι κατάλληλες για χρήση σε εγκαταστάσεις υψηλής πίεσης . **Ως μειονεκτήματα** αναφέρονται η μικρή αντίσταση του απλού χάλυβα σε διάβρωση , το σχετικά μεγάλο βάρος και το κόστος . Χάλυβες με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (0,05 % - 0,30 %) είναι μαλακοί και όλκιμοι άρα εύκολοι σε επεξεργασία. Χάλυβες μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα (0,30 % - 0,60 %) έχουν αυξημένη σκληρότητα και πιο δύσκολη επεξεργασία. Η περιεκτικότητα σε άνθρακα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,22 % για να έχουν ικανοποιητική συγκολλητικότητα , ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα για την επεξεργασία των σωλήνων.

Οι τραβηκτικοί χαλυβοσωλήνες χωρίς ραφή μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις εφαρμογές . Χαλυβοσωλήνες απαιτούνται για τις γραμμές καυσίμων και για όλες τις σωληνώσεις που περνούν μέσα από δεξαμενές καυσίμων .Οι σωληνώσεις πίεσεως πρέπει να είναι χωρίς ραφή και από εξαιρετικά ισχυρό χαλυβοσωλήνα (αυξημένο πάχος τοιχώματος) . Επίσης χωρίς ραφή πρέπει να είναι οι σωληνώσεις τροφοδοτικού νερού και ατμού. Χρησιμοποιούνται επίσης σωλήνες από χυτοσίδηρο (μαντέμι) , που είναι κράμα σιδήρου με άνθρακα. Έχουν περισσότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα περίπου στο 6 % . Ως υλικό έχει υποδεέστερες ιδιότητες από αυτές του χάλυβα , έχει χαμηλότερο κόστος , μικρότερη αντοχή σε πιέσεις , είναι εύθραυστος με μεγάλη σκληρότητα , στοιχεία που καθιστούν δύσκολη την επεξεργασία των χυτοσιδηρών σωλήνων .

- **Υλικά με βάση το χαλκό** : ο χαλκός και τα κράματα του χαλκού είναι κατάλληλα για σωληνώσεις θαλασσινού νερού επειδή έχουν την ιδιότητα να σχηματίζουν προστατευτικό στρώμα προς αντιμετώπιση της διάβρωσης. Δεν είναι κατάλληλα για μεγάλες θερμοκρασίες (πάνω από 225<sup>0</sup> C μέχρι 300<sup>0</sup>C) οπότε δεν χρησιμοποιούνται σε σωληνώσεις ατμού αλλά μόνο σε θερμαντικά στοιχεία. Έχουν καλή όλκιμότητα και συγκολλητικότητα. Τα κράματα Cu-Ni μπορούν να συγκολληθούν εύκολα σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου , ενώ τα κράματα χαλκού με Al συγκολλούνται πιο δύσκολα . Βασικά πλεονεκτήματα του χαλκού είναι η μικρή του σκληρότητα και δυνατότητα κατεργασίας , η άριστη θερμική αγωγιμότητα ( με συντελεστή μεγαλύτερο κατά περίπου 6,5 φορές αυτού του σιδήρου) . Ως μειονεκτήματα αναφέρονται η προσβολή από τα οξέα και την υγρασία , τις επιβλαβείς ενώσεις που δημιουργούνται κατά την οξείδωση.
- **Υλικά με βάση το αλουμίνιο** : η περιεκτικότητα σε χαλκό πρέπει να είναι μικρότερη από 0,1 % . Για την αύξηση της μηχανικής αντοχής προστίθεται κυρίως μαγνήσιο σε ποσοστά μέχρι 5% περίπου. Έχει την ιδιότητα να σχηματίζει προστατευτικό στρώμα εσωτερικά για προστασία από τη διάβρωση. Η όλκιμότητα είναι καλή και μπορούν να συγκολληθούν με τις μεθόδους MIG και WIG . Πλεονέκτημα του αλουμινίου είναι το μικρό βάρος , αλλά η μικρή αντοχή του περιορίζει τη χρήση τέτοιων σωλήνων .



- **Υλικά με βάση το πλαστικό** : χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες διάφορα πολυμερή (θερμοπλαστικά αλλά και θερμοσκληρυνόμενα υλικά) . Πλεονεκτήματα είναι το χαμηλό αρχικό κόστος , το μικρό βάρος (περίπου το 1/7 του βάρους των χαλυβοσωλήνων) , έχουν εξαιρετική αντίσταση στη διάβρωση από οξυγόνο και οξέα και ασφαλώς δεν κινδυνεύουν από ηλεκτροδιάβρωση . Η εσωτερική επιφάνεια είναι λεία με συνέπεια τον περιορισμό των ενεργειακών απωλειών από την εντός αυτών ροή των υγρών .Ως μειονεκτήματα αναφέρονται η σχετικά μικρή αντοχή (που μειώνεται με τη θερμοκρασία) , η αδυναμία να λειτουργήσουν σε υψηλές θερμοκρασίες , η ανεπαρκής αντίσταση σε πυρκαϊά σε συνδυασμό με την έκλυση τοξικών ουσιών στην περίπτωση καύσης τους . Οι σωλήνες αυτές χρησιμοποιούνται για αποχετεύσεις , δίκτυο πόσιμου νερού , δίκτυο νερού λάτρας , μικρές γραμμές κύτους και σωληνώσεις οξέων και άλλων χημικών. Λόγω της μικρότερης τραχύτητας της επιφάνειας αυτών των σωλήνων , η διάμετρός τους μπορεί να είναι μικρότερη κατά 20% περίπου της διαμέτρου των μεταλλικών σωλήνων .

Η αντοχή όλων των πλαστικών υλικών μειώνεται πολύ με την αύξηση της θερμοκρασίας . Η χρήση των πλαστικών σωλήνων είναι αποδεκτή για σωληνώσεις που ανήκουν στην ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ III (**ΠΙΝΑΚΑΣ 10 β σελίδα 60**) . Σωληνώσεις που ανήκουν στην ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ I και στη ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ II τυγχάνουν ιδιαίτερης θεώρησης από τους Νηογνώμονες.

Τα πλαστικά που χρησιμοποιούνται είναι :

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| α. PVC (polyvinylchlorid) ,          | β. PE ( polyethilen) / HDPE (High density polyethylene) , |
| γ. PP (polypropylene)                | δ. ABS (acrylonitrile – butadiene – styrene)              |
| ε. GRE (glassfibre reinforced epoxy) | στ. GRP (polyester pipes)                                 |

Για τα παραπάνω υλικά :

**α. PVC (polyvinylchlorid)** : μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες μεταξύ  $-25^{\circ}\text{C}$  και  $+70^{\circ}\text{C}$  , για ονομαστική πίεση μέχρι  $16 \left( \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right)$  όταν η ονομαστική διάμετρος  $NW \leq 65 \text{ (mm)}$ , ενώ για ονομαστικές διαμέτρους  $65 \text{ (mm)} < NW \leq 150 \text{ (mm)}$  η μέγιστη επιτρεπόμενη ονομαστική πίεση είναι  $10 \left( \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right)$  . Στην πράξη το υλικό αυτό χρησιμοποιείται σε σωληνώσεις όπου η πίεση είναι πολύ χαμηλή , δηλαδή  $< 7 \left( \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right)$  , δεν αναφλέγεται και μπορεί να συγκολληθεί και να κολληθεί .

**β. PE ( polyethilen) / HDPE (High density polyethylene)** : χρησιμοποιείται σε θερμοκρασίες μεταξύ  $-60^{\circ}\text{C}$  και  $+70^{\circ}\text{C}$  , επίσης για πολύ μικρές πιέσεις δηλαδή  $< 7 \left( \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right)$  . Έχει μεγάλη ευλυγισία και μπορεί να καμφθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος με ακτίνα καμπυλότητας μέχρι  $15 \cdot d_{\text{εξωτ.}}$  . Μπορεί εύκολα να συγκολληθεί αλλά δεν μπορεί να κολληθεί .

Το πολυαιθυλένιο είναι ένα θερμοπλαστικό πολυμερές που αποτελείται από μεγάλες αλυσίδες υδρογονανθράκων. Ανάλογα με την κρυσταλλική δομή και τη σχετική μοριακή μάζα, μπορεί να παρατηρείται ή όχι σημείο τήξης και υαλώδης μετάπτωση. Η θερμοκρασία στην οποία συμβαίνουν αυτά ποικίλει πολύ, ανάλογα με τον τύπο του πολυαιθυλενίου.

Το πολυαιθυλένιο ταξινομείται σε πολλές διαφορετικές κατηγορίες με βάση κυρίως την πυκνότητά του και τη διακλάδωσή του. Οι μηχανικές του ιδιότητες εξαρτώνται πολύ από μεταβλητές όπως η έκταση και ο τύπος της διακλάδωσης, η κρυσταλλική δομή και η σχετική μοριακή μάζα. Με βάση τους

καταναλισκόμενους όγκους, τα πιο σημαντικά είδη πολυαιθυλενίου είναι τα HDPE, LLDPE (Γραμμικό πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας) και LDPE (Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας).

Η ποιότητα HDPE, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σωλήνες νερού, έχει εξαιρετική χημική αντίσταση, που σημαίνει ότι δεν προσβάλλεται από ισχυρά οξέα ή ισχυρές βάσεις. Αντιστέκεται επίσης σε ήπια οξειδωτικά και αναγωγικά. Το πολυαιθυλένιο καίγεται αργά με μια γαλάζια φλόγα που έχει μια κίτρινη κορυφή και δίνει μια οσμή παραφίνης. Το υλικό εξακολουθεί να καίγεται αν αφαιρεθεί η πηγή της φλόγας και παράγει σταγόνες.

Το HDPE ορίζεται από μια πυκνότητα μεγαλύτερη ή ίση από  $0,941 \text{ g/cm}^3$ . Το HDPE έχει χαμηλό βαθμό διακλαδώσεων και συνεπώς χαμηλές διαμοριακές δυνάμεις και αντοχή στον εφελκυσμό.

**γ. PP (polypropylene, πολυπροπυλένιο)** : ως γενικές ιδιότητες αναφέρονται η δυνατότητα αποστείρωσης εν θερμώ, πολύ καλή χημική αντίσταση, καλή ελαστική επαναφορά, καλή σταθερότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες, χαμηλό βάρος, χαμηλή απορρόφηση υγρασίας. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες μικρότερες από  $0^\circ\text{C}$ , ενώ είναι κατάλληλο για σωληνώσεις θερμού νερού μέχρι θερμοκρασία  $90^\circ\text{C}$ . Μπορεί μόνο να συγκολληθεί. Το πολυπροπυλένιο είναι ένα θερμοπλαστικό πολυμερές που χρησιμοποιείται σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών, όπως ο σωληνώσεις.

Τα περισσότερα εμπορικά πολυπροπυλένιο είναι συμμετρικά και έχουν ένα ενδιάμεσο επίπεδο της διαύγειας μεταξύ εκείνου του πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (LDPE) και υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE). Το πολυπροπυλένιο είναι συνήθως σκληρό και ευέλικτο, ειδικά όταν πολυμεριστεί με αιθυλένιο. Αυτό επιτρέπει στο πολυπροπυλένιο να χρησιμοποιηθεί ως ένα πλαστικό μηχανικής, με ανταγωνιστικά υλικά, όπως το Ακρυλονιτρίλιο βουταδιενίου στυρολίου (ABS).

#### **δ. ABS (acrylonitrile – butadiene – styrene)**

Το συμπολυμερές ακρυλονιτρίλιου-βουταδιενίου-στυρενίου (ABS) είναι ένα άμορφο πολυμερές που παρασκευάζεται με τεχνολογία πολυμερισμού γαλακτώματος ή μάζας ακρυλονιτρίλιου και στυρολίου υπό την παρουσία πολυβουταδιενίου. Οι πιο σημαντικές ιδιότητες του ABS είναι η αντοχή σε κρούση και η ανθεκτικότητα.

Το ABS χαρακτηρίζεται συνήθως από τρεις βασικές ιδιότητες:

- Ρευστότητα
- Αντοχή στη θερμότητα
- Αντοχή σε κρούση
- 

Το μονομερές στυρολίου παρέχει στο ABS καλή επεξεργασιμότητα, το ακρυλονιτρίλιο παρέχει, αντοχή σε θερμότητα και χημική αντίσταση, ενώ το βουταδιένιο κάνει το προϊόν πιο σκληρό και ανθεκτικό ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Αλλάζοντας τις αναλογίες των συστατικών του ABS και εισάγοντας ειδικά πρόσθετα, παράγονται διαφορετικές ποιότητες με συγκεκριμένες ιδιότητες. Το ABS δεν είναι ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες και ως εκ τούτου συνιστάται για εφαρμογές εσωτερικού χώρου και μόνο.

Το συμπολυμερές ακρυλονιτρίλιου-βουταδιενίου-στυρενίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί γενικά σε θερμοκρασίες από  $-20^\circ\text{C}$  έως  $80^\circ\text{C}$ . Το ABS είναι ανθεκτικό σε υδατικά οξέα, αλκάλια, συμπυκνωμένα υδροχλωρικά και φωσφορικά οξέα, αλκοόλες και ζωικά, φυτικά και ορυκτά έλαια, αλλά προσβάλλεται από συμπυκνωμένα θειικά και νιτρικά οξέα. Το συμπολυμερές ακρυλονιτρίλιου-βουταδιενίου-στυρενίου (ABS) είναι διαλυτό σε εστέρες, κετόνες, διχλωριούχο αιθυλένιο ή ακετόνη.

**ε. GRE (glassfibre reinforced epoxy)** : εναλλακτική λύση για σωλήνες χάλυβα , ελαφρύ και εύκολο στο χειρισμό , GRE διαθέτουν λεία εσωτερική επιφάνεια που μειώνει την τριβή κατά τη ροή . Χαμηλή θερμική αγωγιμότητα σε σύγκριση με το χάλυβα (μόνο το 1% περίπου του χάλυβα), ελαχιστοποιεί το κόστος της μόνωσης και της απώλειας θερμότητας.

**στ. GRP (polyester pipes)** : Οι σωλήνες GRP (Glass Reinforced Polyester pipes), παράγονται από θερμοσκληρυνόμενο πολυεστέρα ενισχυμένο με ίνες γυαλιού. Οι σωλήνες αυτές χαρακτηρίζονται από εξαιρετική αντοχή εξαιτίας των ινών υάλου , ενώ παράλληλα έχουν ένα υψηλό επίπεδο αντοχής στη διάβρωση λόγω της ρητίνης . Αυτός ο συνδυασμός μηχανικών και χημικών ιδιοτήτων τις καθιστά ιδανικές για εφαρμογές με αγωγούς μεταφοράς υπό πίεση . Έχουν 4 φορές μικρότερο βάρος από τους χαλυβωσωλήνες , εξαιρετική αντοχή στη χημική διάβρωση , λεία εσωτερική επιφάνεια που εξασφαλίζει την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω τριβής , ταχύτατες συνδέσεις και απόλυτα στεγανές χρησιμοποιώντας σύνδεσμο με διπλό ελαστικό δακτύλιο , άριστη συμπεριφορά σε συνθήκες υδραυλικού πλήγματος , μεγάλο χρόνο ζωής .

**Σε κάθε περίπτωση , το αίτημα για αποδοχή πλαστικών σωλήνων και των τριών κατηγοριών (του ΠΙΝΑΚΑΣ 10 β σελίδα 60) συνοδεύεται από τα δεδομένα της σχεδίασης , δηλαδή η πίεση και η θερμοκρασία της σχεδίασης καθώς και τα φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού .**

Οι σωλήνες αυτοί πρέπει να έχουν την έγκριση του Νηογνώμονα , οι κανονισμοί του οποίου ακολουθούνται κατά τη ναυπήγηση του πλοίου .

Στους παρακάτω πίνακες αναγράφονται τα χαρακτηριστικά λειτουργίας σωλήνων με πλαστικό υλικό .

**Table 12.5.1 Typical temperature and pressure limits for thermoplastic pipes**

| Material      | Nominal pressure, bar               | Maximum permissible working pressure, bar |      |      |      |      |      |      |
|---------------|-------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
|               |                                     | -20 to 0°C                                | 30°C | 40°C | 50°C | 60°C | 70°C | 80°C |
| PVC           | 10                                  |   | 7,5  | 6    |      |      |      |      |
|               | 16                                  |   | 12   | 9    | 6    |      |      |      |
| ABS           | 10                                  | 7,5                                       | 7,5  | 7    | 6    |      |      |      |
|               | 16                                  | 12  | 12   | 10,5 | 9    | 7,5  | 6    |      |
| HDPE          | 10                                  | 7,5                                       | 6    |      |      |      |      |      |
|               | 16                                  | 12  | 9,5  | 6    |      |      |      |      |
| Abbreviations |                                     |   |      |      |      |      |      |      |
| PVC           | Polyvinyl chloride                  |   |      |      |      |      |      |      |
| ABS           | Acrylonitrile - butadiene - styrene |   |      |      |      |      |      |      |
| HDPE          | High density polyethylene           |   |      |      |      |      |      |      |

**Rules and Regulations For The Classification of Ships , Lloyd's 2016**  
**Piping Design Requirements , Part 5 , Chapter 12 , Section 5**

Table 12.5.2 Typical temperature and pressure limits for glassfibre reinforced epoxy (GRE) and polyester (GRP) pipes

| Minimum heat distortion temperature of resin | Nominal pressure, bar | Maximum permissible working pressure, bar |      |      |      |      |      |      |      |
|--|-----------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
|  |                       | -50 to 30°C                               | 40°C | 50°C | 60°C | 70°C | 80°C | 90°C | 95°C |
| 80°C   | 10                    | 10  | 9    | 7,5  | 6    |      |      |      |      |
|  | 16                    | 16  | 14   | 12   | 9,5  |      |      |      |      |
|  | 25                    | 16  | 16   | 16   | 15   |      |      |      |      |
| 100°C  | 10                    | 10  | 10   | 9,5  | 8,5  | 7    | 6    |      |      |
|  | 16                    | 16  | 16   | 15   | 13,5 | 11   | 9,5  |      |      |
|  | 25                    | 16  | 16   | 16   | 16   | 16   | 15   |      |      |
| 135°C  | 10                    | 10  | 10   | 10   | 10   | 9,5  | 8,5  | 7    | 6    |
|  | 16                    | 16  | 16   | 16   | 16   | 15   | 13,5 | 11   | 9,5  |
|  | 25                    | 16  | 16   | 16   | 16   | 16   | 16   | 16   | 15   |

**Rules and Regulations For The Classification of Ships , Lloyd's 2016**  
**Piping Design Requirements , Part 5 , Chapter 12 , Section 5**

Όταν ζητείται η έγκριση για τοποθέτηση πλαστικών σωλήνων , ανεξάρτητα της κατηγορίας που το δίκτυο ανήκει , ο Νηογνώμονας απαιτεί δοκιμές αντοχής με θερμή φλόγα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ :

**IMO Resolution A.753(18) - Guidelines for the Application of Plastic Pipes on Ships - (adopted on 4 November 1993) Amended by [Resolution MSC.313\(88\)](#)**

**Appendix 1 - Test Method for Fire Endurance Testing of Plastic Piping in the Dry Condition**

## **ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΩΛΗΝΩΝ**

Οι σωλήνες κατασκευάζονται με τη μέθοδο της ραφής (ή συγκολλητοί), χωρίς ραφή και χυτοί. Χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά όπως χυτοσίδηρος, σίδηρος, χάλυβας, ανοξείδωτος χάλυβας, χαλκός και κράματα χαλκού, πλαστικά και άλλα.

### Σωλήνες με ραφή

Χρησιμοποιείται λωρίδα ελάσματος μήκους ίσου με το μήκος του σωλήνα. Τα έλασμα κυλινδρώνεται και συγκολλείται είτε με συγκόλληση “πρόσωπο” (συμβολή ακμών) είτε με “επίθεση”.

### Σωλήνες χωρίς ραφή

Κατασκευάζονται “εν θερμώ” ή “εν ψυχρώ”, ακολουθώντας διάφορες μεθόδους, από τις οποίες περισσότερο χρησιμοποιούνται η μέθοδος MANNESMAN και η μέθοδος EHRHARDT.

### **A. Μέθοδος MANNESMAN**

Χρησιμοποιώντας έλαστρα και έχοντας θερμάνει σε 700 C έως 800 C, το σχετικό κυλινδρικό κομμάτι διέρχεται μεταξύ των ελαστρών ενώ στο κέντρο του διακένου υπάρχει ένα διατρητικό έμβολο (MANDREL).

Το κυλινδρικό κομμάτι ωθείται από τα περιστρεφόμενα έλαστρα και διατρύπεται στο κέντρο του, όταν δε το κομμάτι περάσει από το έμβολο έχει τη μορφή σωλήνα με παχύ τοίχωμα. Στη συνέχεια το κομμάτι περνά από επόμενα έλαστρα με κατάλληλα έμβολα, ώστε να αποκτήσει το επιθυμητό πάχος και την εξωτερική διάμετρο.

Η μέθοδος αυτή (μέθοδος κατασκευής ‘ εν θερμώ’ - HOT FINISHED TUBES - λόγω της θέρμανσης του υλικού) δεν χρησιμοποιείται για την κατασκευή σωλήνων μικρής διαμέτρου και μικρού πάχους.

Για αυτές τις σωλήνες ακολουθείται η “εν ψυχρώ” μέθοδος σύμφωνα με την οποία η σωλήνα υπόκειται σε εφελκύνσεις ώστε να διαμορφωθεί το επιθυμητό μήκος, πάχος και διάμετρος.

Οι σωλήνες αυτοί, χωρίς ραφή, ονομάζονται “τραβηχτοί εν ψυχρώ” (COLD DRAWN TUBES) και επειδή ο εφελκυσμός σκληραίνει το υλικό, πριν από κάθε εφελκυσμό η σωλήνα υποβάλλεται σε αποσκλήρυνση αφού πρώτα καθαρισθεί από επιφανειακή σκουριά (εμβαπτίζεται σε διάλυμα οξέος, πλένεται με γλυκό νερό και εμβαπτίζεται σε λάδι).

### **B. Μέθοδος EHRHARDT**

Ένα κυκλικό επίπεδο έλασμα θερμαίνεται μέχρι να αποκτήσει ανοικτό κόκκινο χρώμα και τοποθετείται σε μια υδραυλική πρέσα με έμβολο μέσα σε κύλινδρο.

Σχηματίζεται έτσι ένα κύπελλο (CUP) το οποίο επαναθερμαίνεται και επαναπρεσσάρεται σε μικρότερο κύλινδρο με αποτέλεσμα να επιμηκυνθεί το κύπελλο και να δημιουργηθεί ένας κύλινδρος με πυθμένα.

Συνεχίζεται αυτή η διαδικασία μέχρι να διαμορφωθεί η επιθυμητή εξωτερική διάμετρος, η δε επιμήκυνση μπορεί να συνεχισθεί με εφελκυσμό (DRAWING).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΛΟΙΟΥ

#### ΔΙΚΤΥΟ ΚΥΤΟΥΣ (Σεντίνας)

##### 1. ΓΕΝΙΚΑ

Το δίκτυο κύτους είναι ένα δίκτυο πολύ σημαντικό για την ασφάλεια του πλοίου.

Σκοπόν έχει την απάντληση εκτός του πλοίου όλων των διαρροών νερού που υπάρχουν, στον πυθμένα του πλοίου, μέσα στις διπυθμενίδες (κούτσες), στις παραπυθμενίδες ή κύτη (σεντίνες), στα διάφορα φρεάτια ή υδροσυλλέκτες, υπό κανονικές συνθήκες, αλλά και μικρών διαρροών που μπορεί να παρουσιασθούν από βλάβες στα πλευρά του σκάφους, ή ακόμα τα νερά που παρουσιάζονται στα κύτη από τη χρησιμοποίηση του δικτύου πυρκαγιάς. Για να είναι δυνατή η αποτελεσματικότητα του δικτύου κυτών, πρέπει αυτό να καλύπτει όλο το κατώτερο μέρος του πλοίου για όλο το μήκος του (εκτός από τις δεξαμενές ζυγοστάθμισης οι οποίες συνδέονται με το δίκτυο έρματος) όπου και μαζεύονται τα νερά όλων των πάσης φύσεως διαρροών.

Το δίκτυο κυτών για όλα τα πλοία περιλαμβάνει ικανή εγκατάσταση αντλιών και σωληνώσεων με διάταξη σωληνώσεων και μέσων απάντλησης έτσι ώστε οιαδήποτε ποσότητα νερού σε οποιοδήποτε διαμέρισμα του πλοίου ή μέσα σε στεγανό τμήμα διαμερίσματος, να μπορεί να απαντλείται από μια τουλάχιστον αναρρόφηση όταν το πλοίο είναι ισοβύθιστο και είναι είτε κατακόρυφο ή έχει πλευρική κλίση όχι μεγαλύτερη των 5 μοιρών. Έτσι απαιτούνται δύο (2) γενικώς πλευρικές αναρροφήσεις εκτός από μικρούς και στενούς χώρους όπου μια αναρρόφηση εξασφαλίζει αποτελεσματική απάντληση στις προαναφερόμενες συνθήκες.

Στα *επιβατηγά πλοία*, η εγκατάσταση αντλιών και σωληνώσεων θα μπορεί να απαντεί οιαδήποτε στεγανό διαμέρισμα υπό οιαδήποτε συνθήκες βλάβης είτε το πλοίο είναι κατακόρυφο ή έχει πλευρική κλίση.

Σε *μη επιβατηγά πλοία*, θα προβλέπονται δύο (2) τουλάχιστον ανεξάρτητα συγκροτήματα μηχανοκίνητων αντλιών εντός του χώρου μηχανών. Σε πλοία μήκους μικρότερου των 91,5 μέτρων, ένα από αυτά τα συγκροτήματα μπορεί να κινείται από τις κύριες μηχανές, το δε άλλο να έχει ανεξάρτητη κίνηση.

Οι συνδέσεις στις αντλίες κύτους θα είναι τέτοιες ώστε η λειτουργία ενός συγκροτήματος να μπορεί να εξακολουθεί όταν το άλλο συγκρότημα τελεί υπό επιθεώρηση.

Η κύρια σωλήνωση κύτους θα είναι έτσι διατεταγμένη ώστε κανένα τμήμα να κείται σε απόσταση μικρότερη των B/5 από την πλευρά του πλοίου, όπου B είναι το πλάτος του πλοίου.

Σε αντίθετη περίπτωση, ή όταν σωλήνας συνδέσεως προς την κύρια σωλήνωση κύτους θα κείται εκτός της οριακής γραμμής των (B/5), θα τοποθετείται ανεπίστροφο επιστόμιο στη σωλήνα σύνδεσης στο σημείο σύνδεσής της με την κύρια σωλήνωση κύτους.

Η αναρρόφηση γίνεται από υδροσυλλέκτες (πηγαδάκια) όπου καταλήγουν τα νερά των πάσης φύσεως διαρροών. Υπάρχει ένας κεντρικός αγωγός με διακλαδώσεις για την αναρρόφηση από τους υδροσυλλέκτες των διαφόρων διαμερισμάτων, ενώ για το χώρο του μηχανοστασίου πρέπει να υπάρχουν δύο (2) τουλάχιστον αναρροφήσεις, δεξιά και αριστερά και ΠΡ, ΠΜ που συνδέονται σε ανεξάρτητες αντλίες.

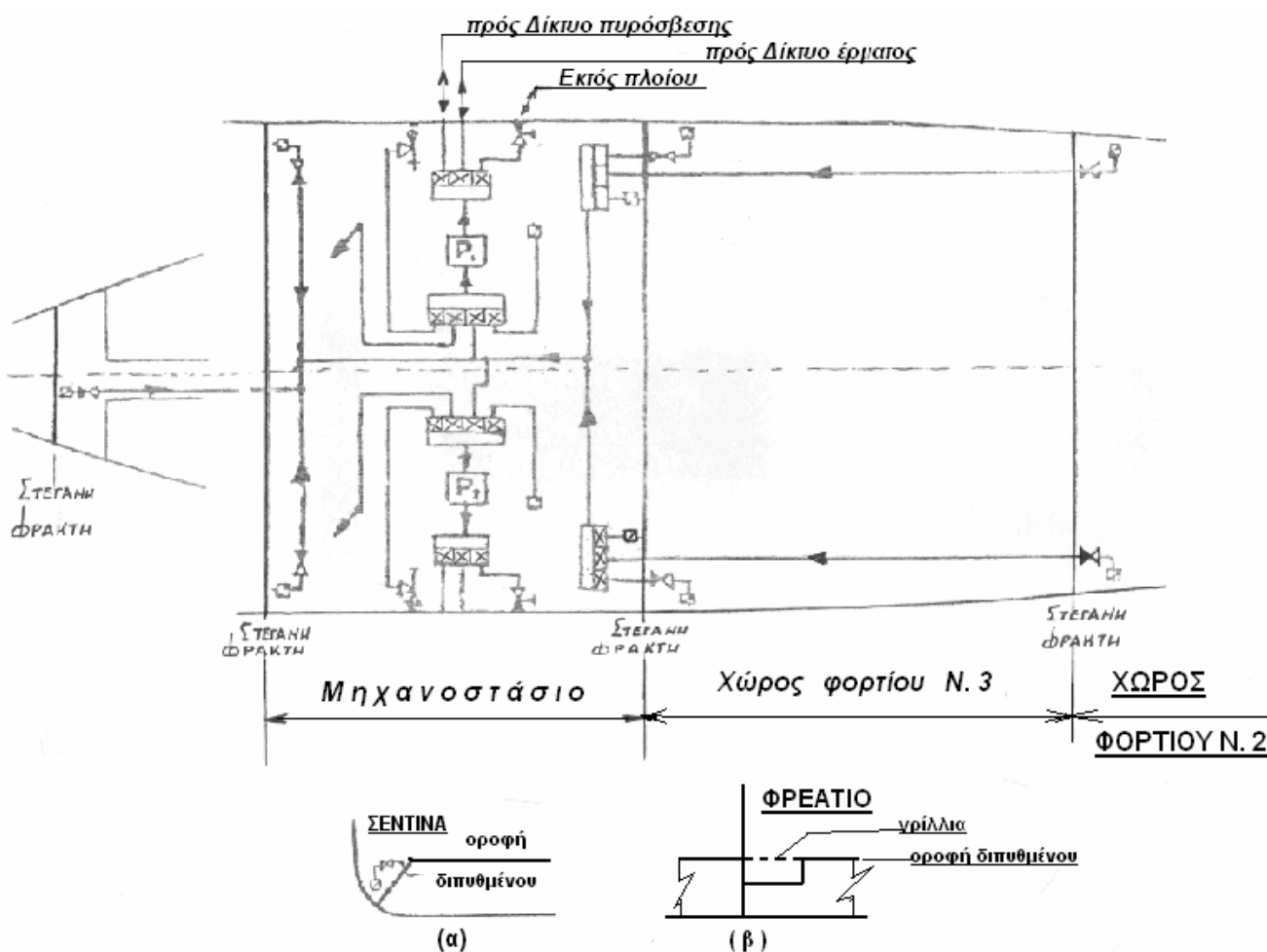
Όλες οι διακλαδώσεις, αλλά και οι κεντρικοί αγωγοί, έχουν επιστόμια αντεπιστροφής ώστε να αποκλείεται η κατά λάθος εισροή νερού μέσω του δικτύου σε οποιοδήποτε διαμέρισμα.

Από τους υδροσυλλέκτες η αναρρόφηση γίνεται με ίσιους, ανοικτούς σωλήνες που έχουν στο πάνω άκρο τους φίλτρο που μπορεί εύκολα να καθαρίζεται. Αν υπάρχει ποδοβαλβίδα με φίλτρο αναρρόφησης στο κάτω άκρο του σωλήνα, χρειάζεται τακτικός καθαρισμός, διότι σε περίπτωση που βουλώσει θα ανέβει η στάθμη των νερών και τότε χρειάζεται κατάδυση για τον καθαρισμό και απόφραξη.

Συνήθως στους χώρους φορτίου (αμπάρια) υπάρχει φίλτρο στην αναρρόφηση με τρύπες διαμέτρου το πολύ 10 χιλιοστών, ενώ στο μηχανοστάσιο ίσιοι σωλήνες με φίλτρο στο πάνω άκρο. Οι υδροσυλλέκτες πρέπει να έχουν χωρητικότητα τουλάχιστον 0,2 κυβικά μέτρα.

Οι διατάξεις για την απάντληση κύτους στο χώρο μηχανών πρέπει να είναι τέτοιες ώστε κάθε ποσότητα νερού που εισέρχεται στο διαμέρισμα αυτό, να μπορεί να απαντλείται από δύο τουλάχιστον αναρροφήσεις μια από τις οποίες θα είναι διακλάδωση του κύριου αγωγού του δικτύου, ενώ η δεύτερη θα οδηγείται κατ' ευθείαν σε μια ανεξάρτητη μηχανοκίνητη αντλία.

Οι χώροι φορτίου πρέπει να έχουν (1-3) αναρροφήσεις, πλευρικές και κεντρική, τοποθετημένες δεξιά και αριστερά και ΠΡ, ΠΜ εάν το μήκος του χώρου αυτού υπερβαίνει τα 30 μέτρα. Η πλευρική αναρρόφηση όταν υπάρχει διπύθμενο με κεκλιμένη παραπυθμενίδα, είναι από τη σεντίνα (σχήμα 6-α), ενώ σε οριζόντιο διπύθμενο μέχρι την πλευρά του πλοίου είναι από φρεάτια (σχήμα 6-β) τοποθετημένα στην οροφή του διπύθμενου και είναι εφοδιασμένα με γρίλια για χοντρό φιλτράρισμα.



**Σχήμα 6**

Στα πλοία χωρίς διπύθμενο στα οποία η ανύψωση του πυθμένα προς τις πλευρές υπερβαίνει τις 5 μοίρες, πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μια κεντρική αναρρόφηση προς πρύμνα του διαμερίσματος.

Στα πλοία στα οποία η ανύψωση του πυθμένα προς τις πλευρές είναι μικρότερη των 5 μοιρών και για όλα τα επιβατηγά πλοία πρέπει να τοποθετούνται και πλευρικές αναρροφήσεις προς πρίμα του διαμερίσματος.

Η εφαρμογή των παραπάνω, εξαρτάται από το είδος του πλοίου, τις διαστάσεις του, γενικά δε κάθε πλοίο αντιμετωπίζεται από τις Αρμόδιες Αρχές (ΚΕΕΠ, Νηογνώμονας) πάντα μέσα στα πλαίσια των Κανονισμών.

#### Αντλίες και σωληνώσεις για πλοία χωρίς εγκατάσταση προώσεως

Όταν δεν υπάρχει στο πλοίο πηγή ενέργειας για βοηθητικά μηχανήματα, πρέπει να τοποθετούνται χειραντλίες σε αριθμό ικανό ώστε να εξασφαλίζεται η απάντληση όλων των διαμερισμάτων του πλοίου. Οι αντλίες πρέπει να ευρίσκονται σε θέση εύκολα προσιτή και στο κύριο (ανώτερο) κατάστρωμα του πλοίου, ή σε θέση πάνω από την έμφορτη ίσαλο. Το μέγιστο ύψος αναρρόφησης των αντλιών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 7 μέτρα και θα είναι μέσα στις ικανότητες της αντλίας.

Η διάμετρος αναρρόφησης των χειραντλιών δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την παρακάτω τιμή :

$$d = \frac{T}{100} + 50 \quad \text{όπου :}$$

$d$  = διάμετρος αναρρόφησης, σε χιλιοστά

$T$  = υπό το κατάστρωμα χωρητικότητα του πλοίου, σε κόρους.

Εάν το πλοίο είναι χωρισμένο σε στεγανά διαμερίσματα, η διάμετρος κάθε σωλήνωσης αναρρόφησης μπορεί να μην υπερβαίνει τα 50 χιλιοστά.

Εάν προβλέπεται η τοποθέτηση πηγής ενέργειας για βοηθητικά μηχανήματα (δηλαδή ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος) πρέπει να τοποθετούνται εξαρτημένες σε αυτήν αντλίες για την εξυπηρέτηση των δικτύων κυτών και έρματος. Σε αυτή την περίπτωση, η τοποθέτηση των αντλιών και των σωληνώσεων πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τα όσα προηγουμένως αναφέρθησαν.

## **2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Η διάμετρος του κεντρικού σωλήνα και η διάμετρος των σωλήνων των διακλαδώσεων του δικτύου κύτους, έχουν άμεση σχέση με το μέγεθος του πλοίου και του διαμερίσματος από όπου αναρροφούν, υπολογίζονται δε από τις παρακάτω σχέσεις :

$$d_{\kappa} = \sqrt{2,78 \cdot (B + D) \cdot L} + 26 \text{ (mm)}$$

$$d_{\delta} = \sqrt{4,63 \cdot (B + D) \cdot L} + 26 \text{ (mm)}, \quad \text{όπου :}$$

$d_{\kappa}$  = εσωτερική διάμετρος, σε χιλιοστά, του κεντρικού αγωγού

$d_{\delta}$  = εσωτερική διάμετρος, σε χιλιοστά, της διακλάδωσης

$B$  = πλάτος, σε μέτρα, του πλοίου



$D$  = κοίλο, σε μέτρα, του πλοίου μέχρι το κατάστρωμα των στεγανών φρακτών

$L$  = μήκος, σε μέτρα, του πλοίου όπως καθορίζεται από τους κανονισμούς

Πάντως κανείς σωλήνας αναρρόφησης κύτους θα είναι εσωτερικής διαμέτρου μικρότερης των 50 χιλιοστών (2 ίντσες).

Στα δεξαμενόπλοια αλλά και σε άλλα πλοία όπου οι αντλίες του δικτύου κυτών προορίζονται για την απάντληση μόνο του μηχανοστασίου, η εσωτερική διάμετρος του κεντρικού αγωγού του εν λόγω δικτύου μπορεί να είναι μικρότερη από την  $d_k$ , αλλά δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την τιμή που υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση (είναι δυνατό να γίνει αποδεκτή η τιμή της τυποποιημένης διαμέτρου με διαφορά όχι μεγαλύτερη των 5 χιλιοστών από αυτή που δίνει η παρακάτω σχέση) :

$$d = 3 \cdot \sqrt{L_0 \cdot (B + D)} + 35 \text{ (mm)},$$

όπου  $B$  και  $D$  έχουν την σημασία που παραπάνω αναγράφεται, ενώ  $L_0$  είναι το μήκος, σε μέτρα, του διαμερίσματος του μηχανοστασίου.

Η διάμετρος του κεντρικού σωλήνα του δικτύου κυτών δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι μικρότερος από 60 χιλιοστά, ενώ η διάμετρος των διακλαδώσεων δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι μικρότερη από 50 χιλιοστά.

Για την εξυπηρέτηση του δικτύου κυτών, πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον δύο (2) αντλίες που η καθεμιά πρέπει να έχει παροχή :

$$Q = 0,00575 \cdot d^2$$

όπου :

$$Q = \text{παροχή σε } m^3 / h$$

$d$  = εσωτερική διάμετρος, όπως περιγράφεται από τα παραπάνω.

Εάν προβλέπεται η τοποθέτηση πηγής ενέργειας για βοηθητικά μηχανήματα (δηλαδή ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος) πρέπει να τοποθετούνται εξαρτημένες σε αυτήν αντλίες για την εξυπηρέτηση των δικτύων κυτών και έρματος.

Σε αυτή την περίπτωση, η τοποθέτηση των αντλιών και των σωληνώσεων πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τα όσα προηγουμένως αναφέρθησαν.

## ΔΙΚΤΥΟ ΕΡΜΑΤΟΣ

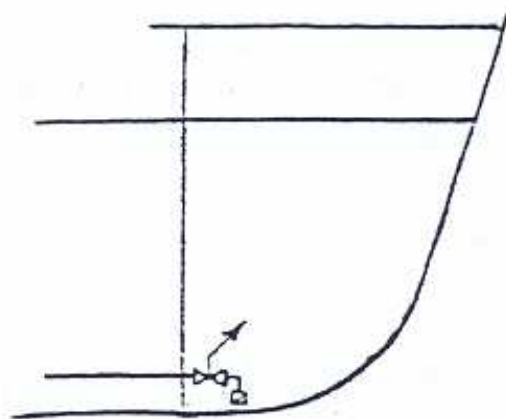
Το δίκτυο έρματος χρησιμεύει για την πλήρωση και εξάντληση των δεξαμενών θαλάσσιου έρματος του πλοίου που δημιουργούνται στα διπύθμενα, καθώς επίσης και την πλήρωση ή και εξάντληση κάθε άλλης δεξαμενής με θαλάσσιο νερό.

Από το δίκτυο έρματος εξυπηρετούνται και η πρωραία και πρυμναία δεξαμενή ζυγοστάθμισης.

Σκοπός δηλαδή του δικτύου έρματος είναι κυρίως η ρύθμιση του βυθίσματος του πλοίου και της διαγωγής του.

Το δίκτυο αυτό, δεδομένου ότι χρησιμοποιεί θαλάσσιο νερό, μπορεί να συνδέεται και με το δίκτυο πυρκαγιάς, είναι όμως ανεξάρτητο από το δίκτυο σεντινών και δεν επικοινωνεί με δεξαμενές όπου αποθηκεύονται τροφοδοτικό νερό, πόσιμο νερό, πετρέλαιο, λάδι.

Η πρωραία δεξαμενή ζυγοστάθμισης (πρωραίο στεγανό) χρήσιμη για ρύθμιση της διαγωγής προορίζεται για έρμα (θαλάσσιο νερό) και εξυπηρετείται από μια σωλήνα (**σχήμα 7**) που διαπερνά τη στεγανή φρακτή συγκρούσεως.



Σχήμα 7

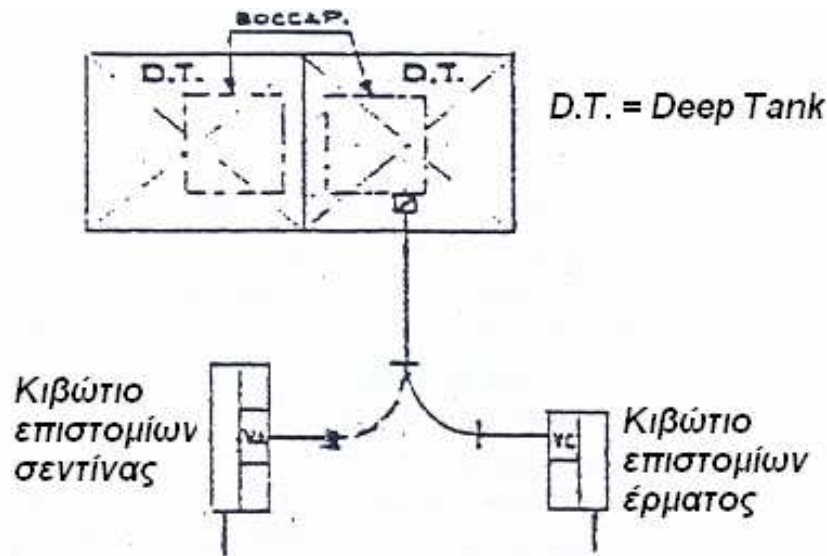
Εκτός από το συνηθισμένο φίλτρο η άκρη της σωλήνας είναι εφοδιασμένη με μια βαλβίδα, εφαρμοσμένη στη φρακτή στην πλευρά του πρωραίου στεγανού (για να απομακρυνθεί ο κίνδυνος φράξεως της σωλήνας σε περίπτωση σύγκρουσης) με χειρισμό πάνω από το κατάστρωμα φρακτών.

Κατ' εξαίρεση, είναι αποδεκτές δυο (2) σωλήνες που διαπερνούν τη φρακτή συγκρούσεως.

Ο αριθμός των αναρροφήσεων (1 ή περισσότερες) εξαρτάται από την κλίση στα χαμηλά μέρη και από το μήκος του διαμερίσματος.

Όταν ένα διαμέρισμα προορίζεται εναλλακτικά για έρμα ή για ξηρό φορτίου, όπως για παράδειγμα τα αμπάρια ( deep tanks) που προορίζονται για υγρό έρμα, ξηρό φορτίο, πρέπει να υπάρχουν ξεχωριστές σωληνώσεις για έρμα (υγρό φορτίο) και για σεντίνα (ξηρό φορτίο), σύμφωνα με την προσδιοριστική διάταξη για τη μη ανάμιξη των δικτύων.

Το **σχήμα 8** δίδει μια πιθανή λύση με μια και μόνο σωλήνα αναρρόφησης και διπλό κιβώτιο βαλβίδων (ή ξεχωριστές βαλβίδες).



**Σχήμα 8**

Ένας κινητός σύνδεσμος θέτει το διαμέρισμα σε επικοινωνία με το δίκτυό του, αφού προηγουμένως έχει τοποθετηθεί μια τυφλή φλάντζα στη σωλήνα του αχρησιμοποίητου δικτύου.

Η λύση με τμήμα κινητής σωλήνας και τυφλή φλάντζα (καπάκι) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανάλογες περιπτώσεις.

Οι λήψεις θάλασσας για έρμα είναι γενικά όχι λιγότερες από 2 και αντιστοίχως υψηλή και χαμηλή, ώστε να αποφεύγεται αναρρόφηση άμμου ή λάσπης σε χαμηλούς τυθμένες θάλασσας.

Η αναρρόφηση είναι ένα κιβώτιο από ενισχυμένο έλασμα στην πλευρά του πλοίου.

Στο επίπεδο της πλευράς του πλοίου υπάρχει διάτρητη πλάκα (σε πολλές περιπτώσεις με σχισμές κατά μήκος) και το κιβώτιο είναι διαμορφωμένο προς το εσωτερικό του πλοίου.

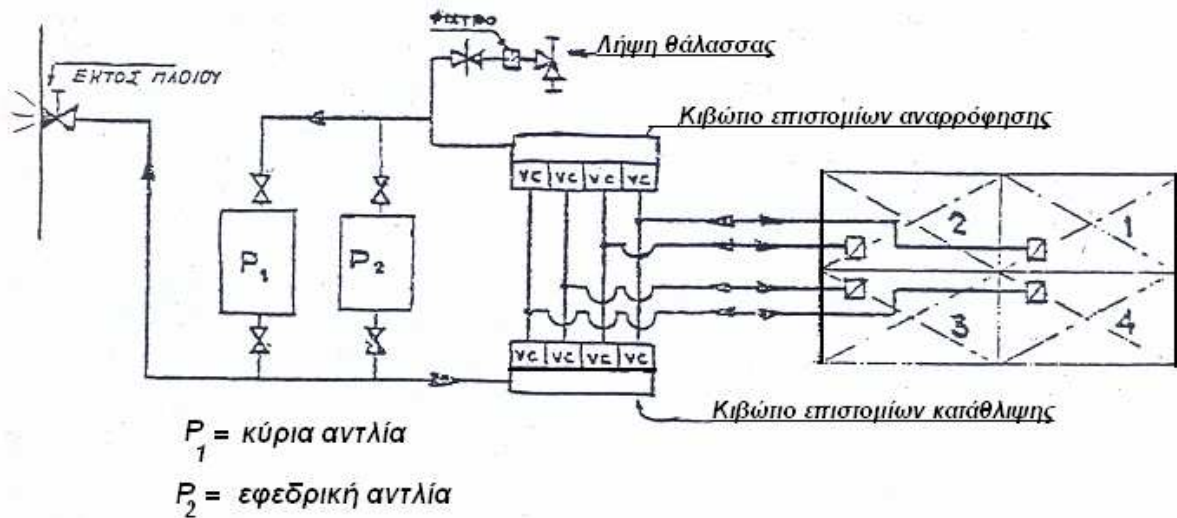
Επειδή από τα κιβώτια αυτά αναρρόφησης θάλασσας αναρροφά και η αντλία κυκλοφορίας θάλασσας για τη ψύξη των ψυγείων, οι τρύπες της πλάκας πρέπει να είναι μικρότερες από την εσωτερική διάμετρο των αυλών των ψυγείων εκτός βέβαια εάν τοποθετηθούν πρόσθετα φίλτρα.

Όλες οι τρύπες μαζί πρέπει να έχουν διατομή τριπλάσια από τη διατομή του επιστομίου ή των επιστομίων που αναρροφούν από το συγκεκριμένο κιβώτιο.

Για να συγκρατούνται διάφορα σώματα, η άκρη της λήψης είναι εφοδιασμένη με σχάρα εμβαδού περάσματος μεγαλύτερου ή ίσου με 2 φορές το εμβαδό του σωλήνα, κατόπιν με φίλτρο που μπορεί να αντικατασταθεί και που τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του πλοίου.

Ένα πλήρες διάγραμμα για ερματισμό, μετάγγιση έρματος και αφερματισμό με μια σωλήνα για κάθε διαμέρισμα, παρουσιάζεται στο **σχήμα 9**.

Στην ουσία, αποτελείται από δύο (2) κιβώτια βαλβίδων, ένα αναρροφήσεως και ένα καταθλίψεως, από σωλήνες αναρροφήσεως – καταθλίψεως, από αντλίες για εκκένωση εκτός πλοίου και για λήψη θάλασσας.

**Ερματισμός - Μετάγχιση έρματος - Αφερματισμός****Σχήμα 9**

Για εκκένωση του διαμερίσματος -1- ανοίγει η αντίστοιχη κατευθυνόμενη βαλβίδα (VC) του κιβωτίου βαλβίδων αναρρόφησης.

Μπαίνει σε λειτουργία η αντλία ανοίγοντας τις 2 βαλβίδες στην αναρρόφηση και κατάθλιψη. Ανοίγει η βαλβίδα (VA) εκτός πλοίου. Κρατούνται κλειστές όλες οι υπόλοιπες βαλβίδες που παρουσιάζονται στο σχήμα.

Για μετάγχιση από δεξαμενή -1- σε -2- ακολουθείται ανάλογη διαδικασία, κλείνοντας όμως τη βαλβίδα (VA) εκτός πλοίου και ανοίγοντας την αντίστοιχη στο διαμέρισμα -2- (VC) του κιβωτίου βαλβίδων κατάθλιψης.

Το σχήμα, που μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολυάριθμους τρόπους, παρουσιάζει τις παρακάτω ιδιαιτερότητες που χρησιμοποιούνται για ανάλογες περιπτώσεις :

α) κάθε αντλία είναι εφοδιασμένη με βαλβίδες στην αναρρόφηση και κατάθλιψη έτσι ώστε να είναι δυνατή η εξάρμωση της αντλίας για έλεγχο, επισκευή, συντήρηση όταν το σύστημα ευρίσκεται σε λειτουργία.

β) το φίλτρο μεταξύ λήψης θάλασσας και συρταρωτής βαλβίδας μπορεί να καθαρισθεί ακόμη και με σύστημα σε λειτουργία.

γ) η λήψη θάλασσας μπορεί να τροφοδοτήσει με τη βαρύτητα πιο χαμηλά διαμερίσματα διαμέσου του κιβωτίου βαλβίδων αναρρόφησης.

## ΔΙΚΤΥΟ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ

Σημαντικότερο δίκτυο που αφορά στην ασφάλεια του πλοίου, για τη λειτουργία του χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό, συνδέεται δε και με το δίκτυο έρματος που και σε αυτό χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό.

Εκτός από το δίκτυο αυτό, στα πλοία εγκαθίστανται και άλλα συστήματα για την αντιμετώπιση της πυρκαγιάς, στα οποία χρησιμοποιούνται άλλα πυροσβεστικά, πλην του θαλασσινού νερού, μέσα, όπως αφρός, ατμός, διοξείδιο του άνθρακα, σύστημα διά ραντισμού (sprinkler).

Επίσης εγκαθίσταται στα πλοία και το δίκτυο ανίχνευσης καπνού ή φλόγας (smoke or flame detecting system) με το οποίο εντοπίζεται η έναρξη πυρκαγιάς σε κάποιο χώρο.

Εκτός από τα προαναφερθέντα συστήματα τα οποία εγκαθίστανται στα πλοία με μόνιμα δίκτυα σωληνώσεων, χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση της πυρκαγιάς και φορητοί πυροσβεστήρες οι οποίοι χρησιμοποιούν αφρό, σκόνη, διοξείδιο του άνθρακα.

Ο αριθμός των απαιτούμενων αντλιών και η θέση αυτών, τα διάφορα εξαρτήματα και ο απαραίτητος εξοπλισμός, ο αριθμός και το είδος των πυροσβεστήρων, εξαρτώνται από το είδος του πλοίου, την κατηγορία πλοίου, το μέγεθός του.

Πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δυο (2) αντλίες πυρκαγιάς με ανεξάρτητη κίνηση και μόνιμη αναρρόφηση θάλασσας, όμως ανάλογα με το είδος του πλοίου, το μήκος του και την κατηγορία πλοίου, μπορεί να προβλέπονται και εξηρημένες αντλίες πυρκαγιάς με μόνιμη αναρρόφηση θάλασσας.

Προβλέπεται αντλία κατάσβεσης πυρκαγιάς ανάγκης η οποία τοποθετείται εκτός μηχανοστασίου με μόνιμη αναρρόφηση θάλασσας εκτός χώρου μηχανοστασίου.

Για αντλία κατάσβεσης πυρκαγιάς μπορεί να χρησιμοποιηθούν και οι αντλίες έρματος, γενικής χρήσεως καθώς και οι αντλίες σεντινών όταν δεν χρησιμοποιούνται για την άντληση πετρελαίου.

Αυτό αναφέρεται στην περίπτωση του δικτύου σεντινών του μηχανοστασίου το οποίο ακολουθεί τις απαιτήσεις της Mar.Pol., είναι ανεξάρτητο και καταλήγει σε δεξαμενή συλλογής υγρών των σεντινών μηχανοστασίου και είναι εφοδιασμένο με διεθνή πρότυπο σύνδεσμο στο κύριο κατάστρωμα για την εκκένωση της δεξαμενής αυτής.

Προβλέπεται στην περίπτωση αυτή, σωλήνωση πλύσης με θαλασσινό νερό του δικτύου και των αντλιών κύτους (σεντινών) όταν γίνει η χρήση αυτών για άντληση σεντινών μηχανοστασίου.

Ο αριθμός και οι θέσεις των λήψεων πρέπει να είναι τέτοιος ώστε τουλάχιστον δύο πίδακες νερού που να μην προέρχονται από την ίδια λήψη, να μπορούν να φθάσουν σε οποιοδήποτε σημείο του πλοίου το οποίο είναι προσιτό στους επιβάτες ή στο πλήρωμα κατά τη διάρκεια του πλοίου.

Η διάταξη των λήψεων πρέπει να επιτρέπει σε δύο τουλάχιστον πίδακες νερού να φθάνουν και σε οποιοδήποτε κενό χώρο φορτίου. Επίσης η θέση των λήψεων πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να παραμένουν πάντοτε ευπρόσιτες και η διάταξη των σωλήνων να γίνεται με τρόπο που να αποτρέπεται ο κίνδυνος βλάβης.

Ο αριθμός των πυροσβεστικών μανικών που πρέπει να διατίθενται, κάθε μια από τις οποίες πρέπει να είναι πλήρης μαζί με τους συνδέσμους και το ακροσωλήνιό της, θα είναι μια μάνικα για κάθε 30 μέτρα μήκους του πλοίου, για τα φορητά πλοία, ενώ για τα επιβατηγά πλοία η απόσταση είναι το ελάχιστο στα 20,00 μέτρα, συν μια αμοιβή, αλλά δεν μπορεί να είναι συνολικά μικρότερος από πέντε.

Ο αριθμός αυτός δεν περιλαμβάνει τις μάνικες που απαιτούνται μέσα στο μηχανοστάσιο (και στο λεβητοστάσιο όταν υπάρχει).

Εκτός από την περίπτωση που υπάρχει μια μάνικα και ένα ακροσωλήνιο για κάθε λήψη του πλοίου, οι σύνδεσμοι και τα ακροσωλήνια πρέπει να ταιριάζουν σε όλες τις μάνικες και όλες τις λήψεις του πλοίου.

Οι πυροσβεστικές μάνικες πρέπει να είναι από εγκεκριμένο υλικό και να έχουν αρκετό μήκος για την παροχή ενός πίδακα νερού σε οποιονδήποτε από τους χώρους στους οποίους μπορεί να χρειασθεί η χρήση τους. Το μέγιστο μήκος μάνικας δεν πρέπει να ξεπερνά τα 20,00 μέτρα. Κάθε μάνικα πρέπει να διαθέτει ένα ακροσωλήνιο ραντισμού (ειδικά οι μάνικες του μηχανοστασίου) και ένα ραντισμού ή ένα

ακροσωλήνιο μικτού τύπου και τους απαραίτητους συνδέσμους. Οι μάνικες αυτές πρέπει να φυλάσσονται έτοιμες προς χρήση σε εμφανείς θέσεις κοντά στην πυροσβεστική λήψη ή σύνδεση.

Τα πρότυπα μεγέθη των ακροσωληνίων πρέπει να είναι 12 χιλιοστά, 16 χιλιοστά, 20 χιλιοστά ή όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς αυτά. Στους εξωτερικούς χώρους και τα μηχανοστάσια το μέγεθος των ακροσωληνίων πρέπει να είναι τέτοιο που να αναπτύσσει τη μέγιστη δυνατή απόδοση από δύο πίδακες από τη μικρότερη αντλία στην αναφερόμενη αντίστοιχη πίεση, αλλά δεν απαιτείται η χρήση ακροσωληνίου μεγαλύτερου από 19 χιλιοστά.

Τουλάχιστον ένας διεθνής σύνδεσμος ξηράς πρέπει να υπάρχει πάντοτε πάνω στο πλοίο μαζί με τα παρεμβύσματα, τις βίδες και τις ροδέλες του. Πρέπει να υπάρχουν τα απαραίτητα μέσα για τη χρησιμοποίηση του συνδέσμου αυτού σε οποιαδήποτε πλευρά του πλοίου.

Γενικά, εφαρμόζεται το Π.Δ. 379/1996 “Κανονισμός Πυροσβεστικών Μέσων των Πλοίων”. Εφαρμόζεται ακόμη και το Π.Δ. 216/1986, που αποτελεί τροποποίηση του Π.Δ. 61/1984, και αφορά στον “Κανονισμό Πυρίμαχης Προστασίας Επιβατηγών Πλοίων που εκτελούν πλόες Εσωτερικού”.

Όπου στο Παράρτημα του Π.Δ. 379/1996 υπάρχουν γράμματα στη στήλη “Είδος Πυροσβεστήρων”, αυτά δείχνουν τον τύπο του πυροσβεστήρα ως εξής :

“Α” : πυροσβεστήρας κατάλληλος για πυρκαγιές κοινών υλικών όπου η κατάσβεση και η ψύξη επιτυγχάνονται με ποσότητα νερού ή διαλύματος που περιέχει μεγάλη ποσότητα νερού στην εκατοστιαία σύνθεσή του.

“Β” : πυροσβεστήρας κατάλληλος για πυρκαγιές εύφλεκτων υγρών, λιπαντικών κλπ όπου είναι αναγκαία η επικάλυψη με στρώμα.

“C” : πυροσβεστήρας κατάλληλος για πυρκαγιές σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, όπου είναι αναγκαία η χρησιμοποίηση μέσων κατάσβεσης που δεν είναι αγωγίμα.

Όπου στο Παράρτημα του Π.Δ. 379/1996 υπάρχουν λατινικοί αριθμοί οι οποίοι συνοδεύουν τα ενδεικτικά του είδους των πυροσβεστήρων γράμματα, αυτοί προσδιορίζουν τα μεγέθη των πυροσβεστήρων, τα οποία αρχίζουν από τον αριθμό “II” για τα μικρότερα μέχρι τον αριθμό “IV” για τα μεγαλύτερα μεγέθη.

Το μέγεθος “II” αφορά σε φορητούς πυροσβεστήρες, τα μεγέθη “III” και “IV” αφορούν σε ημιφορητούς πυροσβεστήρες, οι οποίοι συνοδεύονται από κατάλληλο εύκαμπτο σωλήνα και ακροφύσιο ή άλλα πρακτικά μέσα, έτσι ώστε να καλύπτουν όλα τα τμήματα του χώρου για τον οποίον προορίζονται.

Οι μηχανοκίνητες (όχι βενζινοκίνητες) αντλίες πυρκαγιάς, εκτός των αντλιών πυρκαγιάς ανάγκης, που υποχρεούνται να φέρουν τα επιβατηγά πλοία, πρέπει να παρέχουν όλες μαζί, για καταπολέμηση πυρκαγιάς, νερό σε ποσότητα (παροχή) όχι λιγότερη από τα 2/3 εκείνης που πρέπει να παρέχουν οι αντλίες κύτους όταν χρησιμοποιούνται για απάντληση των κυτών.

Οι μηχανοκίνητες (όχι βενζινοκίνητες) αντλίες πυρκαγιάς, εκτός των αντλιών πυρκαγιάς ανάγκης, που υποχρεούνται να φέρουν όλα τα πλοία εκτός των επιβατηγών πλοίων, πρέπει να παρέχουν όλες μαζί, για καταπολέμηση πυρκαγιάς, νερό σε ποσότητα (παροχή) όχι μικρότερη από εκείνη που προκύπτει από τον παρακάτω τύπο :

$$Q = \frac{C \cdot d^2}{645} = \text{ποσότητα νερού σε κυβικά μέτρα ανά ώρα}$$

$$\text{όπου : } d = 25 + 1,68 \cdot \sqrt{L \cdot (B + D)}, \quad \text{από Π.Δ. 379/1996}$$

με L, B, D σε μέτρα και d σε χιλιοστά.

C = 5 για πλοία που πρέπει να φέρουν περισσότερες από μια αντλίες πυρκαγιάς (εκτός της αντλίας πυρκαγιάς ανάγκης)

C = 2, 5 για πλοία που πρέπει να φέρουν μια αντλία πυρκαγιάς

**L** = το μήκος του πλοίου, που μετριέται στη γραμμή φορτώσεως θέρους από την προωαία ακμή της στείρας μέχρι την πυρναία ακμή του ποδοστήματος. Αν δεν υπάρχει ποδόστημα, το μήκος μετριέται από την προωαία ακμή της στείρας μέχρι τον άξονα του κορμού του πηδαλίου. Σε πλοία που έχουν πρύμνη καταδρομικού (ημιστρογγυλή) ως μήκος λαμβάνεται το 96 % του συνολικού μήκους της γραμμής φορτώσεως θέρους που έχει υπολογιστεί στο σχέδιο του πλοίου ή το μήκος που μετριέται από την προωαία ακμή της στείρας μέχρι τον άξονα του κορμού του πηδαλίου, εφ' όσον αυτό είναι μεγαλύτερο.

**B** = το μέγιστο πλάτος του πλοίου που μετριέται εξωτερικά των νομέων του πλοίου

**D** = το κοίλο (ύψος σχεδίασης) του πλοίου που μετριέται μέχρι το κατάστρωμα στεγανών φρακτών.

Σε κάθε περίπτωση, η συνολική παροχή των αντλιών πυρκαγιάς των παραπάνω πλοίων για καταπολέμηση πυρκαγιάς δεν απαιτείται να υπερβαίνει τα 180 κυβικά μέτρα ανά ώρα.

Κάθε μηχανοκίνητη αντλία πυρκαγιάς πρέπει να είναι ανεξάρτητη από τις κύριες μηχανές του πλοίου, εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά από τον κανονισμό. Απαιτούνται δύο (2) αντλίες πυρκαγιάς ανεξάρτητες (εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά από τον κανονισμό) που τοποθετούνται στο μηχανοστάσιο, επίσης μια αντλία ανάγκης που τοποθετείται εκτός μηχανοστασίου με δική της αναρρόφηση και ανεξάρτητη κίνηση.

Το ολικό ύψος της αντλίας καθορίζεται από τις απαιτήσεις του Νηογνώμονα στα ακροφύσια του δικτύου, οι ελάχιστες δε πιέσεις σε κλειστό ακροφύσιο, όταν τα δύο διπλανά του είναι σε λειτουργία, είναι οι εξής :

### A) ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ

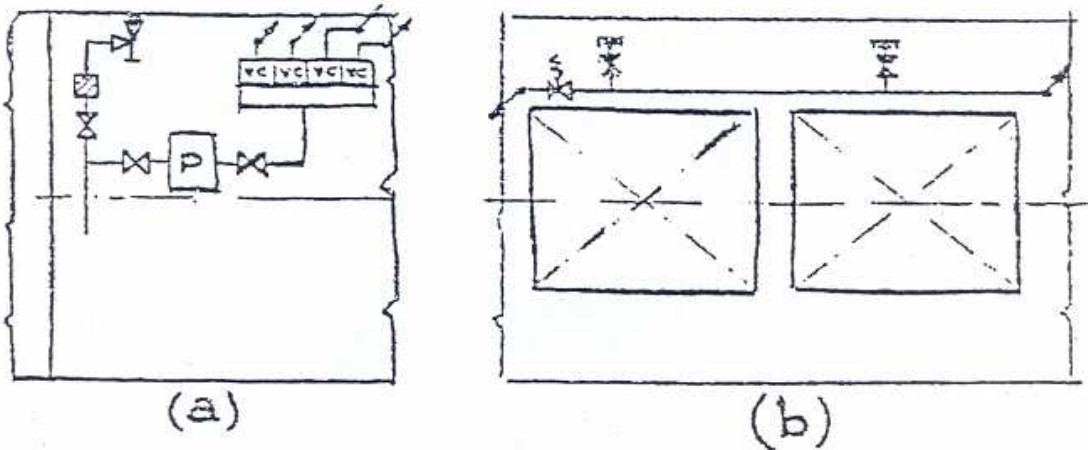
- |    |                     |   |     |                                      |
|----|---------------------|---|-----|--------------------------------------|
| 1. | 4000 κοχ και άνω    | : | 3,2 | χιλιόγραμμα ανά τετραγωνικό εκατοστό |
| 2. | 1000 μέχρι 4000 κοχ | : | 2,8 | -/- -/- -/- -/-                      |
| 3. | κάτω των 1000 κοχ   | : | 2,1 | -/- -/- -/- -/-                      |

**Β) ΜΗ ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ**

- 1. 6000 κοχ και άνω : 2,8 χιλιόγραμμα ανά τετραγωνικό εκατοστό
- 2. 1000 μέχρι 6000 κοχ : 2,6 -/- -/- -/- -/-
- 3. κάτω των 1000 κοχ : 2,1 -/- -/- -/- -/-

Το **σχήμα -10-** παρουσιάζει ένα απλουστευμένο σχεδιάγραμμα δικτύου κατασβέσεως πυρκαγιάς με χρήση θαλασσινού νερού, στο οποίο φαίνονται :

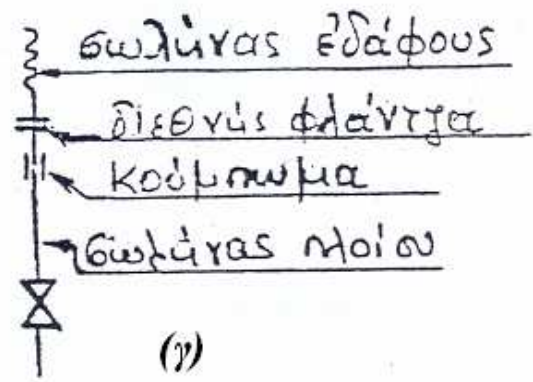
**Δίκτυο κατάσβεσης πυρκαγιάς**



**σχήμα 10**

Η λήψη θάλασσας, η αντλία, το κιβώτιο βαλβίδων κατάθλιψης στο μηχανοστάσιο, **σχήμα 10α**, και μια σωλήνωση, **σχήμα 10β**, κατά μήκος των ανοιγμάτων των κυτών φορτίου με λήψεις πυρκαγιάς. Η βαλβίδα ασφαλείας που φαίνεται στη σωλήνωση είναι απαραίτητη για να προστατεύει το δίκτυο από επικίνδυνες υπερπίεσεις, όταν η χαρακτηριστική λειτουργίας της αντλίας δηλώνει πίεση (με κλειστές βαλβίδες) μεγαλύτερη από εκείνη με βάση την οποία έγινε η εκλογή διαστάσεων των σωληνώσεων και των εξαρτημάτων.

Σε προσιτή και με σήμανση θέση του δικτύου αυτού, σε όλα τα πλοία με κοχ  $\geq 1000$  πρέπει να τοποθετηθεί μια παρέκκλιση με διεθνή σύνδεσμο ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση σωλήνα εδάφους. Αυτός εφοδιασμένος με ανάλογο διεθνή σύνδεσμο μπορεί να τροφοδοτήσει το δίκτυο σε περίπτωση ανάγκης όταν δεν είναι διαθέσιμο το δίκτυο πυρκαγιάς του πλοίου **σχήμα 10γ**.



**σχήμα 10γ**



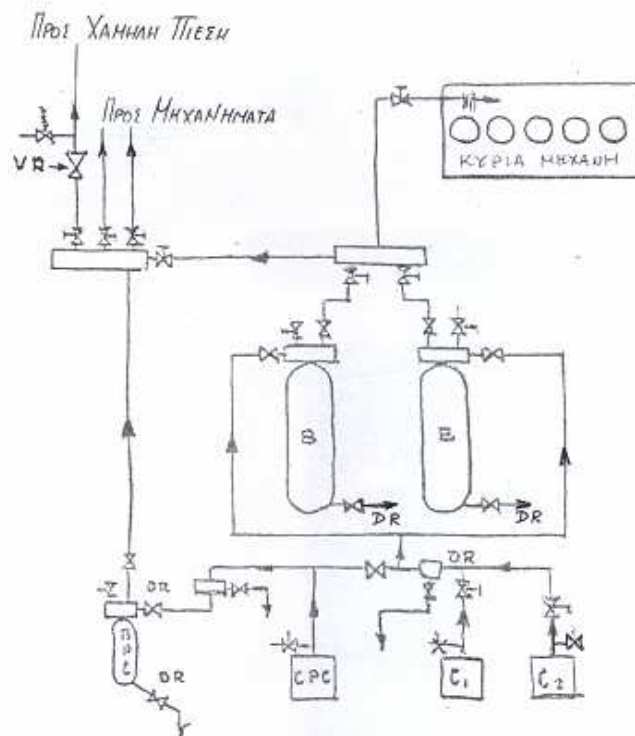
ΔΙΚΤΥΟ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ

Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιείται για πολλές εφαρμογές στα πλοία, εδώ αναφέρονται ενδεικτικά :

1. εκκίνηση κυρίων μηχανών πρόωσης όπως και πετρελαιοκινητήρων που κινούν τις γεννήτριες.
2. μετάδοση χειρισμών στις κύριες μηχανές όπως και σε δευτερεύοντα μηχανήματα
3. μετάδοση σημάτων σε όργανα, όπως πιεσόμετρα, θερμομέτρα κλπ.
4. για εργασίες στο κατάστρωμα και στο μηχανοστάσιο, όπως "ματσακόνισμα", σφίξιμο περικοχλίων (παξιμάδια) κλπ.
5. λειτουργία σειρήνας.

Ένα τυπικό διάγραμμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :

Δ Ι Κ Τ Υ Ο Π Ε Π Ι Ε Σ Μ Ε Ν Ο Υ Α Ε Ρ Α



ΥΠΟΜΗΝΗΜΑ

- C = Συμπιεστής
- CPC = Συμπιεστής πρώτης φόρτωσης
- B = φιάλες αέρα
- DR = Γωλήτες ατραχιέως ΕΛΑΙΟΥ-ΝΕΡΟΥ
- VR = επιστόμιο μείωσης πίεσης (στραγγαλιστική βαλβίδα)
- ||| = φλογόπαγίδα
- BPC = φιάλη πρώτης φόρτωσης

Σχήμα 11

Στο παραπάνω σχήμα, παρουσιάζονται :

- δύο -2- συμπιεστές αέρα ( $\Sigma_1, \Sigma_2$ ) (ο ένας ανάγκης) ικανοί να γεμίσουν σε  $\frac{1}{2}$  ώρα ή 1 ώρα τα δοχεία ή φιάλες "B".
- οι φιάλες "B" ή τα δοχεία, ικανά να τροφοδοτήσουν αέρα στην κύρια μηχανή για τουλάχιστον 12 εκκινήσεις συνεχείς, εάν η κύρια μηχανή είναι αντιστρέψιμη και 6 εκκινήσεις εάν είναι μη αντιστρέψιμη. Στην περίπτωση των γεννητριών, πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα -6- εκκινήσεων αυτών από ένα αεροφυλάκιο χωρίς να λειτουργεί (προϋπόθεση και για όλες τις προαναφερόμενες εκκινήσεις) ο αεροσυμπιεστής.
- ο συμπιεστής της πρώτης φόρτωσης (CPC) χειροκίνητος ή κινούμενος με αυτόνομη ενέργεια (πετρελαιοκινητήρας χειροκίνητος, με μανιβέλα) για να γεμίσει τη φιάλη της πρώτης φόρτωσης (BPC) ο αέρας της οποίας μπορεί να εκκινήσει τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη τα οποία με τη σειρά τους είναι ικανά να τροφοδοτήσουν ηλεκτρική ενέργεια στους ηλεκτροσυμπιεστές ή να φορτίσουν κατ' ευθείαν τις φιάλες "B" με φορητούς συμπιεστές.
- βαλβίδες ανεπίστροφες (VA) για να αποφεύγονται επιστροφές αέρα ή αερίου.
- βαλβίδες ασφαλείας σε όλες τις φιάλες και τους συμπιεστές.
- βαλβίδες και σωληνώσεις στραγγίσεως (DR) από τα πιο χαμηλά σημεία των φιαλών.

Επειδή η πίεση του παραγόμενου αέρα του δικτύου είναι υψηλή (25 – 30 ατμόσφαιρες) οι σωληνώσεις, οι βαλβίδες και τα εξαρτήματα απαιτούν ανθεκτικά υλικά (ατσάλι ποιότητας).

Τα αεροφυλάκια, στα οποία οδηγείται ο αέρας, έχουν μανόμετρο, ασφαλιστικό, καθώς και δεύτερο ασφαλιστικό που αποτελείται από ένα μολυβένιο δίσκο σε κατάλληλη οπή του αεροφυλακίου, που καταστρέφεται σε μια ορισμένη πίεση και προστατεύει έτσι το αεροφυλάκιο, εάν δεν λειτουργήσει προηγουμένως το ασφαλιστικό με το ελατήριο.

Η εγκατάσταση των αεροσυμπιεστών πρέπει να γίνεται σε ενισχυμένο ο δάπεδο λόγω των ταλαντώσεων. Πολλές φορές χρησιμοποιείται ελαστική έδραση και πρέπει να είναι ελαστικές όλες οι συνδέσεις των σωληνώσεων προς τους αεροσυμπιεστές.

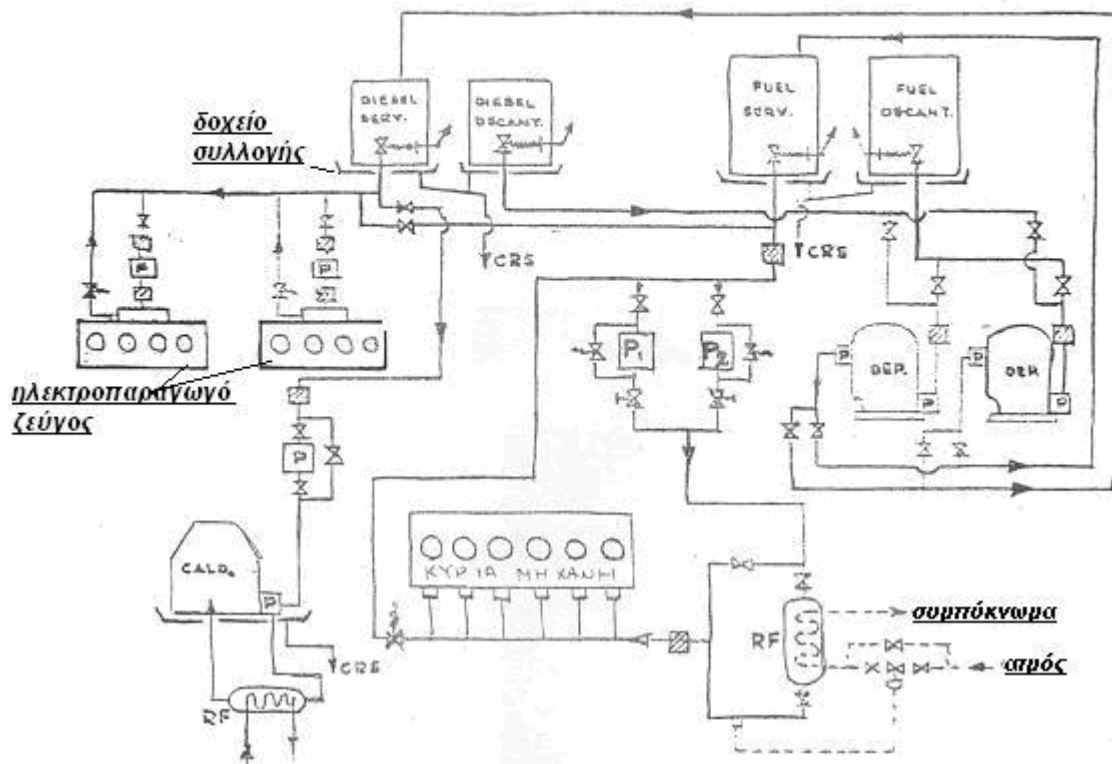
## **ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

Για να πραγματοποιηθεί η εκκίνηση των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών, πρέπει να υπάρχει πετρέλαιο στις δεξαμενές.



Ο σταθμός παραλαβής πετρελαίου βρίσκεται στο κύριο κατάστρωμα του πλοίου (ένας δεξιά και ένας αριστερά), αποτελείται από τυποποιημένη φλάντζα, **διεθνή σύνδεσμο**, που είναι τυφλή όταν δεν χρησιμοποιείται, έχει φίλτρο, επιστόμιο, μετρητικό ρολόι και μανόμετρο.

Η σωλήνωση του σταθμού παραλαβής πρέπει να έχει διάμετρο για σύντομη παραλαβή της απαιτούμενης από το πλοίο ποσότητας πετρελαίου. Συνήθως απαιτείται ικανότητα παραλαβής 200 m<sup>3</sup>/h, ή και 400 m<sup>3</sup>/h για μεγαλύτερα πλοία.

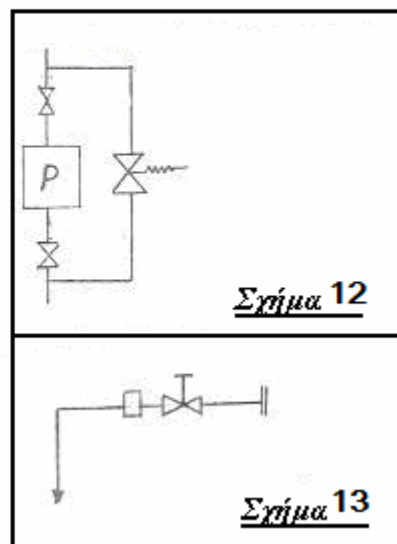
## ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

-  **Επιστόμιο γρήγορου κλεισίματος χειριζόμενο από απόσταση**
-  **Θερμοβαλβίδα**
- CRS** **Δεξαμενή συλλογής**
- RF** **Θερμαντήρας καυσίμου**
-  **Καύσιμο**
-  **Ατμός**
- DEP** **Φυγοκεντρικός καθαριστήρας**

Σχήμα 14



Σχήμα 12

Σχήμα 13

Το πετρέλαιο αυτό μεταγγίζεται στις δεξαμενές αποθήκευσης του πλοίου (δεξαμενές διπυθμένων ή και deep tanks) από εξωτερική εγκατάσταση ή φορτηγίδες μέσω ακριβώς του δικτύου μεταγωγής πετρελαίου το οποίο αποτελείται από τις αντίστοιχες σωληνώσεις και αντλίες για τη μεταφορά του από τις δεξαμενές αποθήκευσης στις δεξαμενές κατακάθισης και ημερήσιας κατανάλωσης.

Η δεξαμενή κατακάθισης χρησιμεύει για τον αποχωρισμό του πετρελαίου από το νερό που αυτό περιέχει και που ως βαρύτερο συγκεντρώνεται στο κάτω μέρος της δεξαμενής αυτής.

Οι δεξαμενές κατακάθισης εφοδιάζονται με μέσα αποστράγγισης του νερού από τον πυθμένα της δεξαμενής. Εάν δεν προβλέπονται δεξαμενές κατακάθισης, οι δεξαμενές πετρελαίου ή οι δεξαμενές ημερήσιας κατανάλωσης εφοδιάζονται με αποστραγγίσεις νερού.

Από τη δεξαμενή κατακάθισης το πετρέλαιο οδηγείται συνήθως στους φυγοκεντρικούς καθαριστές για την απομάκρυνση και του υπόλοιπου νερού και στη συνέχεια διοχετεύεται στην δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης.

Η χωρητικότητα της δεξαμενής ημερήσιας κατανάλωσης καθορίζεται από την ειδική κατανάλωση της κύριας μηχανής (0,120 – 0,140) kg/PS h, ενώ η χωρητικότητα της δεξαμενής κατακάθισης πρέπει να είναι διπλάσια έως τριπλάσια.

Η χωρητικότητα των δεξαμενών αποθήκευσης εξαρτάται από την ακτίνα δράσεως του πλοίου και από το γεγονός ότι το πετρέλαιο diesel χρησιμοποιείται και ως καύσιμο των γεννητριών συνεχώς και για την εκκίνηση της Κ.Μ. καθώς και κατά τη διάρκεια των χειρισμών. Οπότε εξετάζεται το ποσοστό για το οποίο απαιτείται η καύση από την Κ.Μ. πετρελαίου diesel, ποσοστό που συνήθως λαμβάνεται 10 %. Πάντως, ως ειδική κατανάλωση των κινητήρων των γεννητριών λαμβάνεται (0,190 – 0,210) kg/KW h.

Το πετρέλαιο για λέβητες και μηχανές του πλοίου πρέπει να έχει σημείο ανάφλεξης υψηλότερο από 60°C, εκτός από τις γεννήτριες ανάγκης για τις οποίες απαιτείται όριο 43°C.

Οι χειρισμοί αφορούν στη φόρτωση, την εκφόρτωση, τη μετάγχιση τον καθαρισμό και την τροφοδοσία των μηχανών που το καταναλώνουν.

Ο διαχωρισμός του δικτύου πετρελαίου από τα άλλα δίκτυα είναι υποχρεωτικός για να αποφεύγονται ανωμαλίες ακόμα και από λάθη χειρισμού.

Όλες οι αντλίες πρέπει να μπορούν να λειτουργούν έτσι ώστε να μη δημιουργούνται υψηλές και επικίνδυνες υπερπίεσεις στο κύκλωμα ακόμα και με κλειστές από λάθος βαλβίδες.

Οι ογκομετρικές αντλίες πρέπει να είναι εφοδιασμένες (**σχήμα 12**) με by-pass βαθμολογημένο στη μέγιστη πίεση υπολογισμού του κυκλώματος και οι φυγοκεντρικές αντλίες μπορούν να είναι χωρίς by-pass εάν η χαρακτηριστική τους καμπύλη είναι τέτοια ώστε να μην επιτρέπει τέτοιες υπερπίεσεις.

Στο διάγραμμα φόρτωσης του καυσίμου πρέπει να τοποθετούνται (**σχήμα 13**) φλάντζες τυφλές για να αποφεύγονται τυχόν διαρροές, βαλβίδα και φίλτρο πριν την κάθοδο στις δεξαμενές.

Για συμπλήρωμα στις δεξαμενές τοποθετούνται βοηθητικές δεξαμενές και δεξαμενές μετάγχισης για καύσιμο προς καθαρισμό και καθαρισμένο, δεξαμενές για συγκέντρωση των υπολειμμάτων καθαρισμού (δεξαμενές κατακάθισης), δεξαμενές για διαφορετικά καύσιμα (fuel, diesel).

Όλες οι βαλβίδες στο κάτω μέρος πρέπει να είναι εφοδιασμένες με γρήγορο κλείσιμο χειριζόμενο εξ αποστάσεως, εκτός χώρων και πάνω από το κύριο κατάστρωμα για ασφάλεια.

Όλες οι δεξαμενές είναι εφοδιασμένες με μετρητικούς σωλήνες, σωλήνες εξαεριστικούς και υπερχειλίσης οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με κεντρικό σωλήνα που καταλήγει στη δεξαμενή υπερχειλίσεων, η οποία είναι εφοδιασμένη με συσκευή που σημαίνει αυτόματα συναγερμό όταν το περιεχόμενο φθάσει το 75 % της χωρητικότητάς της.

Το σχήμα (14) παρουσιάζει ένα απλοποιημένο διάγραμμα δικτύου καυσίμου για τροφοδότηση και καθαρισμό. Δύο (2) τύποι καυσίμου (fuel, diesel) χρησιμοποιούνται, το fuel με ειδικό βάρος  $0,96 \text{ (t/m}^3\text{)}$  για την κύρια μηχανή, το diesel με ειδικό βάρος  $0,86 \text{ (t/m}^3\text{)}$  για τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, για λέβητα.

Στο σχήμα παρατηρούνται :

- δύο αντλίες τροφοδοσίας κυρίων μηχανών με by-pass ( $P_1, P_2$ )
- θερμοαντήρας πετρελαίου με ατμό (RF) με θερμοβαλβίδα που ρυθμίζει τη ροή του ατμού σε σχέση με τη θερμοκρασία εξόδου του πετρελαίου.
- οι βαλβίδες γρήγορου κλεισίματος, με χειρισμό από απόσταση στις αναρροφήσεις όλων των δεξαμενών.
- τα κυκλώματα by-pass στην κύρια μηχανή και στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη για την επανακυκλοφορία του καυσίμου που δεν καταναλώθηκε.
- το χειροκίνητο by-pass στην τροφοδοσία του λέβητα για να αποκλειστεί η αντλία, τροφοδοτώντας με τη βαρύτητα.
- το χειροκίνητο by-pass που αποκλείει το θερμοαντήρα fuel εάν δεν χρειάζεται.
- οι αντλίες στους καθαριστήρες με αναρρόφηση και κατάθλιψη.

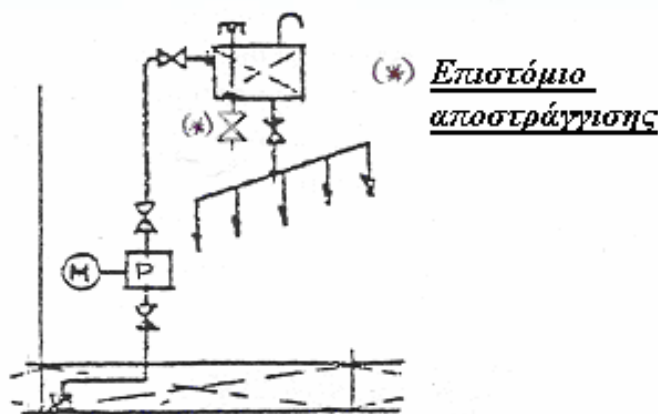
Τα δίκτυα που υπάρχουν στα πλοία είναι περισσότερο σύνθετα από αυτό που παρουσιάζεται εδώ και απαιτούν μια προσεκτική γνώση των μηχανημάτων και των δικτύων τους, τα οποία διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.

Η τελική διάταξη των δικτύων είναι αποτέλεσμα συνεργασίας μεταξύ των κατασκευαστών των μηχανημάτων και του τεχνικού γραφείου του ναυπηγού.

**ΔΙΚΤΥΟ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ – ΛΑΤΡΑΣ – ΥΓΙΕΙΝΗΣ****Α. Γενικά**

Το πόσιμο νερό, το γλυκό νερό λάτραις ζεστό ή κρύο, και το θαλασσινό νερό για την υγιεινή, διανέμονται στο πλοίο με ένα από τα παρακάτω συστήματα :

**1. Με δεξαμενή βαρύτητας (σχήμα 15)** που τροφοδοτείται διακεκομμένα από μια αντλία η οποία αναρροφά από ένα διαμέρισμα.

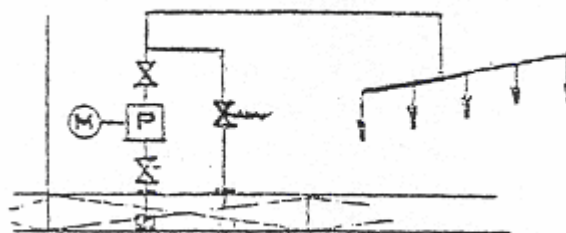


**Σχήμα 15**

Η υψηλά τοποθέτηση της δεξαμενής είναι ικανή να τροφοδοτήσει τους παραλήπτες με τη δύναμη της βαρύτητας.

Η δεξαμενή, όπως όλα τα ανάλογα ντεπόζιτα, είναι εφοδιασμένη με εξαεριστικό σωλήνα, σωλήνα πλήρωσης και τροφοδοτήσεως με βαλβίδες, σωλήνα στραγγίσεως με βαλβίδα, ανθρωποθυρίδα για έλεγχο και καθαριότητα.

**2. Με αντλία σε συνεχή κίνηση (σχήμα 16)** τροφοδοτούμενη από ένα κινητήρα Μ με κατάθλιψη απευθείας στους παραλήπτες και κύκλωμα διακλάδωσης (by-pass) με βαθμολογημένη βαλβίδα.



**Σχήμα 16**

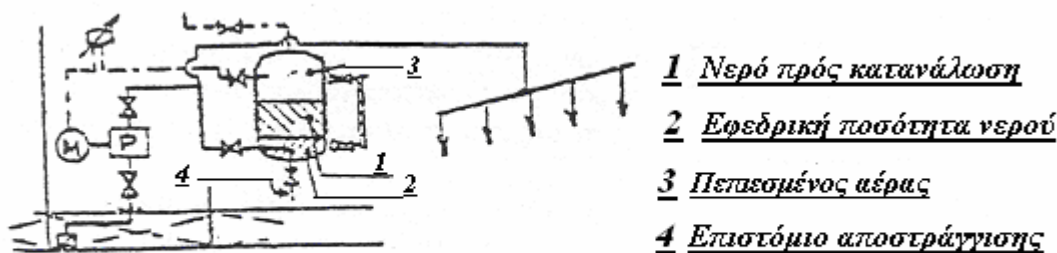
Χωρίς κατανάλωση, με κλειστούς παραλήπτες, η πίεση στο κύκλωμα είναι κανονισμένη έτσι ώστε η αντλία, αναρροφώντας από το ντεπόζιτο, να στέλνει στη διακλάδωση της οποίας η βαλβίδα είναι ανοικτή για υπερπίεση.

Εάν οι παραλήπτες ζητούν νερό, η πίεση στο κύκλωμα πέφτει, η βαλβίδα by-pass κλείνει (ή στραγγαλίζεται) και η αντλία στέλνει στον παραλήπτη που άνοιξε τη βρύση (ή μερικώς στον παραλήπτη και μερικώς στο στραγγαλισμένο by-pass).

Οι βαλβίδες στις αντλίες έχουν τον ίδιο σκοπό με εκείνον που περιγράφηκε στο δίκτυο έρματος (δηλαδή εξάρμωση της αντλίας με δίκτυο σε λειτουργία με άλλη αντλία).

Είναι σκόπιμο το by-pass να κλείνει κύκλωμα μέσω του ντεπόζιτου για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση της ίδιας ποσότητας νερού που θα κυκλοφορούσε στην περίπτωση που το by-pass έκλεινε κύκλωμα στην αντλία (σχήμα 13).

### 3. Με πίεση αέρα (σχήμα 17) αποτελούμενο από :



Σχήμα 17

- α. Ένα πιεστικό δοχείο
- β. Μια αντλία που αναρροφά από το ντεπόζιτο και στέλνει στο δοχείο
- γ. Ένα συλλέκτη που παίρνει νερό από την κάτω πλευρά του πιεστικού δοχείου και τροφοδοτεί τους παραλήπτες
- δ. Ένα διαφορετικό πρεσοστάτη που ενεργεί στον κινητήρα της αντλίας εκκινώντας τον σε περίπτωση χαμηλής πίεσης του αέρα
- ε. Εξαρτήματα του δοχείου, με μια σωλήνα τροφοδοτήσεως αέρα για την πρώτη φόρτωση ύστερα από ελέγχους, καθαριότητα κλπ.

Η αντλία είναι γενικά σταματημένη και οι παραλήπτες εξυπηρετούνται από το πιεστικό δοχείο.

Κατά την κατανάλωση, ο αέρας διαστέλλεται, μειώνοντας την πίεσή του έως ότου το νερό φθάσει την ελάχιστη στάθμη του νερού. Ο πρεσοστάτης ενεργοποιείται και δίνει κίνηση στην αντλία η οποία μπορεί να τροφοδοτήσει και τον παραλήπτη και το πιεστικό δοχείο. Όταν το χρησιμοποιούμενο νερό φθάσει μια δεδομένη στάθμη, η πίεση του αέρα έχει πάρει μια τιμή τέτοια ώστε ο διαφορικός πρεσοστάτης σταματάει την αντλία.

Στο δίκτυο όλες οι βαλβίδες είναι ανοικτές εκτός από εκείνη του αέρα της πρώτης φόρτωσης και εκείνη της στραγγίσεως.

Βασικά στοιχεία του δικτύου είναι το μέγεθος των δεξαμενών και η ημερήσια παραγωγή του αποστακτήρα ο οποίος εξασφαλίζει αφθονία γλυκού νερού. Για τον υπολογισμό της παροχής των αντλιών έχει σημασία η μέγιστη παροχή που μπορεί να παρουσιασθεί, ενώ το ολικό ύψος της αντλίας πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τη μέγιστη πίεση του συστήματος που καθορίζεται με βάση τις αντιστάσεις των σωληνώσεων.

## 2. Διατάξεις

Το δίκτυο αυτό (πόσιμο νερό, ζεστό ή / και κρύο) στα πλοία έχει προορισμό την παροχή πόσιμου νερού, που αναρροφά η αντλία πόσιμου νερού από τις δεξαμενές του και τη διανομή του για χρήση από το πλήρωμα και τους επιβάτες, στις καμπίνες, στους χώρους εστίασης (μπαρ, εστιατόρια κ.λ.π.), στα μαγειρεία και στους χώρους ατομικής και γενικής υγιεινής, καθώς και σε εγκαταστάσεις πλύσεως και γενικού καθαρισμού.

Είναι συνηθισμένη η διάταξη παροχής θερμού και κρύου πόσιμου νερού, ιδιαίτερη δε πολλές φορές διάταξη προβλέπεται για την παροχή παγωμένου πόσιμου νερού σε κατάλληλες θέσεις των χώρων ενδιαίτησης.

Το δίκτυο του πόσιμου νερού κατά κανόνα εξυπηρετείται μέσω συστήματος σταθερής πίεσης (πιεστικό δοχείο με αεραντλία, κομπρεσέρ κ.λ.π.) που διατηρεί ομαλή την παροχή του νερού και υπό σταθερή πίεση στα σημεία κατανάλωσης.

Σήμερα στα πλοία, για λόγους απλότητας, για την αποφυγή διαβρώσεων, αλλά και επειδή υπάρχει αφθονία γλυκού νερού με τη χρήση αποστακτήρων που εκμεταλλεύονται τη θερμότητα από τη ψύξη της κυρίας μηχανής, υπάρχει η τάση να καθιερωθεί ένα ενιαίο δίκτυο γλυκού νερού, για το πόσιμο, τις ανάγκες λάτρας και υγιεινής.

Βασικά στοιχεία του δικτύου είναι το μέγεθος των δεξαμενών αποθήκευσής του και η ημερήσια παραγωγή του αποστακτήρα (να σημειωθεί ότι οι αποστακτήρες ενεργοποιούνται εκτός λιμένος).

Στον επόμενο **πίνακα 7** δίδονται τιμές των καταναλώσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μελέτη των στοιχείων αυτών του δικτύου γλυκού νερού.

| ΕΙΔΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ   | Παροχή (λίτρα/άτομο, ημέρα) |        |
|--|-----------------------------|--------|
|  | Πόσιμο                      | Λάτρας |
| <b>Πόσιμο νερό</b>   |                             |        |
| Πλήρωμα ή επιβάτες .....   | 2,5                         |        |
| <b>Νερό μαγειρείου</b>   |                             |        |
| Μαγείρεμα και πλύσιμο τροφών .....   | 2,8                         |        |
| πλύσιμο πιάτων .....   | 1,8                         |        |
| <b>Νερό λάτρας</b>   |                             |        |
| Λουτρά (ντους, όχι μπανιέρα) .....   | .....                       | 57     |
| Νιπτήρες αποχωρητηρίων .....   | .....                       | 18     |
| Πλυντήρια ρούχων .....   | .....                       | 3,5    |
| Καθαρισμός χώρων μαγειρείου και τραπεζαρίας  | 5,5                         |        |
| <b>1<sup>η</sup> Σημείωση</b> : το σύνολο νερού πόσιμου – λάτρας μπορεί να λαμβάνεται :  |                             |        |
| 1. για φορτηγά πλοία ..... (100 – 150) $\left(\frac{l}{\text{άτομο} \times \text{ημέρα}}\right)$   |                             |        |
| 2. επιβατηγά πλοία και "πολύ βρώμικα" φορτηγά (όπως αλιευτικά) ... (200 – 250) $\left(\frac{l}{\text{άτομο} \times \text{ημέρα}}\right)$   |                             |        |
| <b>2<sup>η</sup> Σημείωση</b> : εάν χρησιμοποιηθούν οι χαμηλότερες τιμές στις κατηγορίες 1. και 2. , στους υπολογισμούς πρέπει να προστεθούν 20 $\left(\frac{l}{\text{άτομο} \times \text{ημέρα}}\right)$ για νερό εγκαταστάσεων υγιεινής όταν αυτές τροφοδοτούνται με γλυκό νερό. |                             |        |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7**



Για τον υπολογισμό της παροχής των αντλιών, σημασία έχει η μέγιστη παροχή κατά την αιχμή, ενώ το ολικό ύψος της αντλίας πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τη μέγιστη πίεση του συστήματος που καθορίζεται με βάση τις αντιστάσεις των σωληνώσεων.

Βασικό στοιχείο επίσης για τον υπολογισμό της μέγιστης παροχής που μπορεί να παρουσιασθεί, είναι ο αριθμός των εγκατεστημένων λήψεων για κάθε είδος καταναλωτή.

Έχοντας χωρίσει τους καταναλωτές σε “μικρής διάρκειας” (ντους, νιπτήρες, αποχωρητήριο) και σε “μεγάλης διάρκειας” (πλυντήρια ρούχων, παροχές λάτρας στη κουζίνα) είναι δυνατό να υπολογισθεί η μέγιστη παροχή του δικτύου.

Στον επόμενο ΠΙΝΑΚΑ 7 α , δίδονται κατ’ εκτίμηση τιμές παροχής και θερμοκρασίας για διάφορα δίκτυα για καταναλώσεις μικρής και μεγάλης διάρκειας .

### Παροχές και θερμοκρασίες γλυκού νερού

| καταναλωτής  | παροχή<br>l/h                    | θερμοκρασία<br>°C |
|--|----------------------------------|-------------------|
| Ντους *  | 100 - 150                        | 40                |
| Νιπτήρες *   | 350                              | 35                |
| Λάτρα μαγειρείου **  | 350(1/2") - 600(3/4")            | 35                |
| Πλυντήρια πιάτων **  | 900 - 1200                       | 55                |
| Πλυντήρια ρούχων (100 kg)**  | 1100                             | 80                |
| Αποχωρητήρια πύσεως *  | 2100(1/2"), 2800(3/4"), 4500(1") | περιβάλλοντος     |
| Ούρητηρια *  | 450                              | περιβάλλοντος     |
| * καταναλωτής μικρής διάρκειας      ** καταναλωτής μεγάλης διάρκειας |                                  |                   |

### ΠΙΝΑΚΑ 7 α

Εκτός από τις αντλίες που αναρροφούν από τις δεξαμενές αποθήκευσης, στο δίκτυο υπάρχει το δοχείο πίεσεως όπου καταθλίβουν οι αντλίες και απ’ όπου τροφοδοτούνται οι διάφοροι καταναλωτές.

Το δοχείο πίεσεως γεμίζει μέχρι ένα σημείο μόνο με νερό ενώ το υπόλοιπο επάνω τμήμα περιέχει πεπιεσμένο αέρα.

Σκοπός του δοχείου πίεσεως είναι να διατηρεί στο δίκτυο πίεση αρκετή για τη ροή του νερού στις διάφορες λήψεις χωρίς να χρειάζεται να λειτουργεί συνεχώς η αντλία.

Ο συνολικός όγκος του δοχείου πίεσεως εκλέγεται συνήθως ίσος προς το 1/10 της μέγιστης παροχής.

Ο χρήσιμος όγκος του δοχείου πίεσεως εκλέγεται έτσι ώστε η αντλία να μην εκκινεί συχνότερα από 15 φορές την ώρα.

## 2. 1. ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΟΣΙΜΟΥ

Οι δεξαμενές του πόσιμου νερού μπορούν να βρίσκονται είτε μεταξύ των καταστρωμάτων των υπερκατασκευών, είτε να αποτελούν τμήμα της διαρρύθμισης των διπυθμένων του πλοίου, είτε να είναι δεξαμενές DEEP TANKS.

Η θέση των δεξαμενών ποσίμου νερού επιλέγεται έτσι ώστε αυτές να μην έρχονται σε επαφή με δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση λυμάτων, υγρών καταλοίπων, λιπαντικών, καυσίμων, ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα μόλυνσης του ποσίμου από διαρροές των υγρών αυτών, ούτε να έχουν κοινά τοιχώματα με το σκελετό του πλοίου.

Σε κάθε περίπτωση, προβλέπεται διαχωρισμός ανάμεσα στις δεξαμενές γλυκού νερού με άλλες δεξαμενές, με κενή ισαπόσταση (cofferdam).

Οι δεξαμενές ποσίμου δεν πρέπει να εφάπτονται με δεξαμενές θαλάσσιου έρματος. Σε ειδικές περιπτώσεις, είναι δυνατό να επιτραπεί η τοποθέτηση τέτοιας δεξαμενής σε θέση όχι κάτω από δεξαμενή θαλάσσιου έρματος ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης του ποσίμου νερού σε περίπτωση διαρροής, αυξάνοντας όμως το πάχος του διαχωριστικού ελάσματος κατά 4 χιλιοστά σε σχέση με αυτό που απαιτούν οι κανονισμοί.

Οι δεξαμενές ποσίμου νερού, πρέπει να διαθέτουν πώμα κενώσεως, ανθρωποθυρίδα για τον έλεγχο και τον καθαρισμό τους, κρουνό (σε προσβάσιμο σημείο) ώστε να είναι εφικτή η λήψη δείγματος, καθώς επίσης και σωλήνα εξαερισμού εφαρμοσμένο με τρόπο που δεν θα εισέρχονται ξένα σώματα.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης ποσίμου νερού πρέπει να έχουν αρίθμηση και να φέρουν επιγραφή “ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ” <<POTABLE WATER>> με μέγεθος γραμμάτων 13 χιλιοστά. (βιβλιογρ. ΕΓΚΥΚΛΙΟΣ Κ.Ε.Ε.Π. 4339.29/03/2001).

Η παροχή πόσιμου νερού στις δεξαμενές μπορεί να γίνεται :

- α. Με βαρύτητα
- β. Από δεξαμενή που βρίσκεται σε χαμηλό σημείο και διοχετεύεται μέσω αντλίας νερού σε μια δεξαμενή χρήσεως η οποία θα λειτουργεί με βαρύτητα
- γ. Με δίκτυο υπό πίεση

Οι δεξαμενές ποσίμου νερού, πρέπει να επιχρίονται με ειδικά χρώματα ή με γαλακτώδες τσιμέντο (γαλλική γη) τουλάχιστον μια φορά το χρόνο ή εάν η δεξαμενή παραμείνει εκτός χρήσης για χρονικό διάστημα πέραν των 60 ημερών, ή κάθε φορά που ο ΚΕΕΠ ή οι υγειονομικές Αρχές κρίνουν αναγκαίο.

Εάν πρέπει να μπουν μέσα στη δεξαμενή εργάτες, αυτοί πρέπει να είναι καθαροί, να φορούν καθαρά ρούχα και παπούτσια, να μην υποφέρουν από δερματικές αρρώστιες, να μην έχουν δυσεντερία ή τυφοειδή πυρετό.

## 2.2. ΔΙΚΤΥΑ

Οι σωληνώσεις του δικτύου πόσιμου νερού, δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με σωλήνες άλλων δικτύων διότι υπάρχει ο κίνδυνος μόλυνσης.

Δεν επιτρέπεται να διέρχονται μέσα από δεξαμενές λυμάτων, υγρών καταλοίπων, λιπαντικών, καυσίμων, αλλά ταυτόχρονα και οι σωληνώσεις αυτών των δεξαμενών δεν πρέπει να διέρχονται μέσα από τις δεξαμενές του πόσιμου νερού.

Οι σωλήνες του δικτύου πόσιμου νερού είναι ανοξείδωτες, χαλύβδινες γαλβανισμένες (επιψευδαργυρωμένες).

Οι σωληνώσεις μπορεί να είναι κατασκευασμένες επίσης από πλαστικό, δηλαδή PVC, PP (πολυπροπυλένιο), PE (πολυαιθυλένιο). Οι πλαστικές σωληνώσεις είναι ακριβότερες, όμως είναι πιο ελαφριές, έχουν μεγαλύτερη αντοχή και ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης σε σχέση με τις χαλύβδινες.

Σε κάθε περίπτωση, πρέπει οι σωληνώσεις αυτές, είτε γαλβανισμένες είτε από πλαστικό υλικό, να συνοδεύονται από αντίστοιχα πιστοποιητικά καταλληλότητας.

Οι σωληνώσεις του πόσιμου νερού, πρέπει να είναι χρωματισμένες με μπλε χρώμα ή να φέρουν μπλε ταινία πλάτους 15 εκατοστών, ή να φέρουν μπλε ταινία σε κάθε σημείο που διαχωρίζονται στα καταστρώματα, στα διαχωριστικά τοιχώματα του πλοίου και να διαστήματα τα οποία δεν ξεπερνούν τα 5 μέτρα σε όλα τα σημεία εκτός από τα σημεία όπου για λόγους διακόσμησης δεν επιτρέπεται.

Η γραμμή εφοδιασμού πρέπει να έχει βιδωτό πώμα (ή τάπα) δεμένο με αλυσίδα έτσι ώστε το πώμα να μην ακουμπάει στο κατάστρωμα όταν αφήνεται ελεύθερο.

Κάθε γραμμή εφοδιασμού πρέπει να είναι βαμμένη με μπλε χρώμα και να φέρει επιγραφή ευκρινώς **<<POTABLE WATER FILLING>>** με μέγεθος γραμμάτων 13 χιλιοστά, εκτυπωμένη σε πινακίδα που είναι κατασκευασμένη από ανθεκτικό υλικό και είναι τοποθετημένη κοντά στο σημείο που συνδέεται ο σωλήνας (μάνικα) εφοδιασμού.

Για την λήψη δείγματος χρησιμοποιούνται ειδικοί ελαστικοί σωλήνες (μάνικες) που πρέπει να φυλάσσονται σε ειδική θέση μακριά από εστίες μόλυνσης.

Η πλήρωση των δεξαμενών γίνεται από ειδικό δίκτυο του πλοίου (δεν χρησιμοποιούνται οι σωλήνες θαλάσσιου νερού διότι είναι μολυσμένες), και απαγορεύεται να γίνεται από τις θυρίδες επίσκεψης των δεξαμενών.

Κατά τη διαδικασία υδροληψίας, όταν σε λιμάνι χρησιμοποιείται σωλήνα πλήρωσης (μάνικα), πρέπει ο υπεύθυνος Αξιωματικός (που έχει ορισθεί από τον Πλοίαρχο να επιβλέπει την όλη διαδικασία, σύμφωνα με το I.S.M.) του πλοίου να ελέγξει ότι η συγκεκριμένη σωλήνα είναι καθαρή και δεν έχει διαρροές.

Κατά την υδροληψία, η πρώτη ποσότητα νερού που παραλαμβάνεται αφήνεται να τρέξει διότι συχνά οι συνδέσεις, οι κρουνοί του δικτύου είναι δυνατό να περιέχουν ξένες ύλες.

Στο δίκτυο τροφοδότησης με πόσιμο νερό, πρέπει να υπάρχει ένα κεντρικό σύστημα διήθησης.

Τα φίλτρα πρέπει να καθαρίζονται κατά κανονικά χρονικά διαστήματα όπως συνιστούν οι κατασκευαστές και να γίνεται σχετική εγγραφή στο ημερολόγιο της γέφυρας.

### **2.2.1. Χρήση νερού από βραστήρα**

Η κατανάλωση πόσιμου νερού από βραστήρα, επιτρέπεται μόνο σε έκτακτες περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν είναι εφικτός ο άμεσος εφοδιασμός με φυσικό πόσιμο νερό. Το αποσταγμένο νερό στερείται των αναγκαίων αλάτων για τον ανθρώπινο οργανισμό και επίσης είναι δυνατό να περιέχει παθογόνα μικρόβια που δεν καταστρέφονται στη θερμοκρασία των 60 °C που συνήθως λειτουργούν οι βραστήρες.

Εν πάση περιπτώσει, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε το θαλάσσιο νερό που θα χρησιμοποιηθεί να μην προέρχεται από περιοχές μολυσμένες από βιομηχανικά και άλλα απόβλητα, όπως είναι οι ακτές και οι εκβολές των ποταμών. Για τις εκβολές των ποταμών, έχει πιστοποιηθεί ότι υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων από την κανονική και τα άλατα αυτά θα παρεμποδίσουν την ομαλή λειτουργία του βραστήρα. Απαγορεύεται όμως η διάθεση πόσιμου νερού από βραστήρα στα επιβατηγά και φορτηγά πλοία που εκτελούν πλόες εντός κλειστών θαλασσών (Μεσόγειος Θάλασσα).

Το νερό που προέρχεται από βραστήρα κατά την εξάτμισή του δημιουργεί άλατα τα οποία κατακάθονται στους αυλούς και παρεμποδίζουν την καλή λειτουργία. Αυτό μπορεί να διαπιστωθεί από την πυκνότητα της άλμης που αφαιρείται από το βραστήρα μετρίεται με ειδικά πυκνόμετρα και φυσικά αποτελεί ένδειξη για την τάση σχηματισμού καθυαλατώσεων.

Η αφαίρεση των καθυαλατώσεων από το βραστήρα, γίνεται με τη μέθοδο του χημικού καθαρισμού και με την προσθήκη ειδικών παρασκευασμάτων σε μορφή σκόνης.

Στη μέθοδο του χημικού καθαρισμού προστίθεται στο βραστήρα συνθετικό παρασκεύασμα με βάση το υδροχλωρικό οξύ σε αναλογία (8-10) %.

Η πρόσθεση παρασκευασμάτων σκόνης έχει στόχο την κατακράτηση των αιωρούμενων μορίων των αλάτων.

Από τα παραπάνω, συνάγεται το συμπέρασμα ότι ο πλοίαρχος πρέπει να έχει υπολογίσει τις αναγκαίες ποσότητες πόσιμου νερού για την εξυπηρέτηση επιβατών και πληρώματος, ανάλογα με το ταξίδι, ώστε να αποφεύγεται η έλλειψη νερού και συνεπώς η αδυναμία λειτουργίας του βραστήρα.

Για την απαιτούμενη ποσότητα σε ένα ταξίδι, πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν :

1. ο χρόνος του ταξιδιού, με μια αύξηση περίπου 20 % για ασφάλεια
2. πόσο χρόνο θα παραμείνει το πλοίο στο λιμάνι, δεδομένου ότι σε κάποια λιμάνια δεν υπάρχει η δυνατότητα παροχής πόσιμου νερού, ή πιθανόν αυτή να γίνεται σε περιορισμένη ποσότητα.

### **2.2.2. Ιδιότητες πόσιμου νερού**

Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρωμο, άοσμο, άγευστο, διαυγές, είναι όμως αβλαβές αυτό που έχει ελαφριά οσμή και γεύση χλωρίου. Επίσης πρέπει να δημιουργεί φυσαλίδες όταν αναταράσσεται κάτι που αποδεικνύει τον καλό αερισμό των δεξαμενών αποθήκευσης, καθώς επίσης να έχει χαμηλή σκληρότητα, κάτι που μπορεί να διαπιστωθεί από το αν δημιουργείται πλούσια σαπουνάδα κατά το πλύσιμο των χεριών.

### 2.3. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η απολύμανση του πόσιμου νερού γίνεται με τις ακόλουθες μεθόδους :

#### A. Χλωρίωση

Η χλωρίωση είναι μια διαδικασία κατά την οποία στο πόσιμο νερό προστίθεται χλωράσβεστος (υποχλωριούχο ασβέστιο) ή άλλες συνθετικές ουσίες χλωρίου οι οποίες κατά τη διάλυσή τους διασπώνται και απελευθερώνουν χλώριο το οποίο έχει μικροβιοκτόνο δράση.

Οι ουσίες αυτές αγοράζονται σε μικρά δοχεία τα οποία κλείνονται αεροστεγώς μετά από τη χρήση, επειδή αυτές οι ουσίες εξασθενίζουν εάν εκτεθούν στον αέρα, φυλάσσονται δε σε ψυχρό και σκοτεινό χώρο.

Χλωρίωση πρέπει να γίνεται στις παρακάτω περιπτώσεις :

1. όταν γίνει υδροληψία νερού που δεν είναι χλωριωμένο
2. αν γίνει ρύπανση ή μόλυνση του νερού
3. όταν υπάρχει αμφιβολία για την καθαρότητα του νερού που προμηθεύεται το πλοίο.

Για τη χλωρίωση κυκλοφορούν παράγωγα χλωράσβεστου, **-1- δε κουταλάκι του τσαγιού σκόνη χλωράσβεστου, χλωριώνει -1- τόνο νερού.**

Αν η δεξαμενή περιέχει νερό πριν τη χλωρίωση, τότε πρέπει να προστεθεί αρκετή σκόνη ώστε να αποστειρωθεί και το νερό που εισρέει στη δεξαμενή, αλλά και το νερό που ήδη υπάρχει.

Έτσι, αν η δεξαμενή περιέχει -2- τόνους νερό πριν γεμίσει και πρόκειται να προστεθούν σε αυτήν άλλοι -10- τόνοι, η σκόνη χλωράσβεστου που πρέπει να χορηγηθεί είναι ίση με -12- κουταλάκια τσαγιού.

Σε περίπτωση που μολυνθεί το πόσιμο νερό, τότε το δίκτυο πρέπει να αποξηρανθεί, να καθαριστεί και να χλωριωθεί.

Μετά δε τον καθαρισμό, πρέπει να προστεθούν καθαρό νερό και χλωράσβεστος σε αναλογία 100 φορές μεγαλύτερη από αυτήν που απαιτείται για την κανονική χλωρίωση και η διάλυση του χλωρίου πρέπει να προστίθεται ενώ η δεξαμενή γεμίζει.

Το νερό των δεξαμενών δεν πρέπει να πίνεται, πριν περάσει τουλάχιστον μια ώρα από τη χλωρίωση.

Η αποτελεσματικότητα της χλωρίωσης ελέγχεται από το ίζημα του χλωρίου που παρουσιάζεται στα δείγματα του νερού και μπορεί να εκτιμηθεί με ένα χλωρομετρικό τεστ.

Εάν κατά τον έλεγχο των δεξαμενών ή από τον έλεγχο των δειγμάτων διαπιστωθεί ότι το νερό είναι ακατάλληλο για πόσιμο, τότε με ευθύνη του πλοιαρχου διατίθεται στους επιβάτες εμφιαλωμένο νερό.

Το πόσιμο νερό πρέπει να απολυμαίνεται συνεχώς με τη χρήση συσκευής αυτόματης χλωρίωσης, ώστε να περιέχει χλώριο τουλάχιστον 2,0 mg / l, την ώρα του εφοδιασμού ή κατά την παραγωγή του (από βραστήρα, ή με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης).

Το πόσιμο νερό πρέπει να απολυμαίνεται συνεχώς με τη χρήση συσκευής αυτόματης χλωρίωσης, ώστε να περιέχει χλώριο τουλάχιστον  $2,0 \left( \frac{mg}{lit} \right)$  την ώρα του εφοδιασμού ή κατά την παραγωγή του (από βραστήρα ή με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης).

Το πόσιμο νερό στο δίκτυο διανομής του πλοίου πρέπει να περιέχει  $0,2 \left( \frac{mg}{lit} \right)$  υπολειμματικό χλώριο, το οποίο δεν πρέπει να ξεπερνά τα  $5,0 \left( \frac{mg}{lit} \right)$  και η μέτρηση αυτή πρέπει να γίνεται στο πιο απομακρυσμένο σημείο του δικτύου.

### **Β. Για την απολύμανση του πόσιμου νερού υπάρχουν και οι παρακάτω μέθοδοι :**

1. υπεριώδεις ακτίνες
2. εγκατάσταση φίλτρων αργύρου (έχει πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χλωρίωση, αλλά έχει υπολογισθεί ότι ο χρόνος δράσης των φίλτρων αυτών είναι περίπου -6- ώρες, ενώ η δράση του χλωρίου απαιτεί περίπου 15 λεπτά).
3. θέρμανση στους 60 βαθμούς για 30 λεπτά, εφ' όσον το νερό χρησιμοποιείται, εκτός από πόσιμο και για χρήση στα ντους.

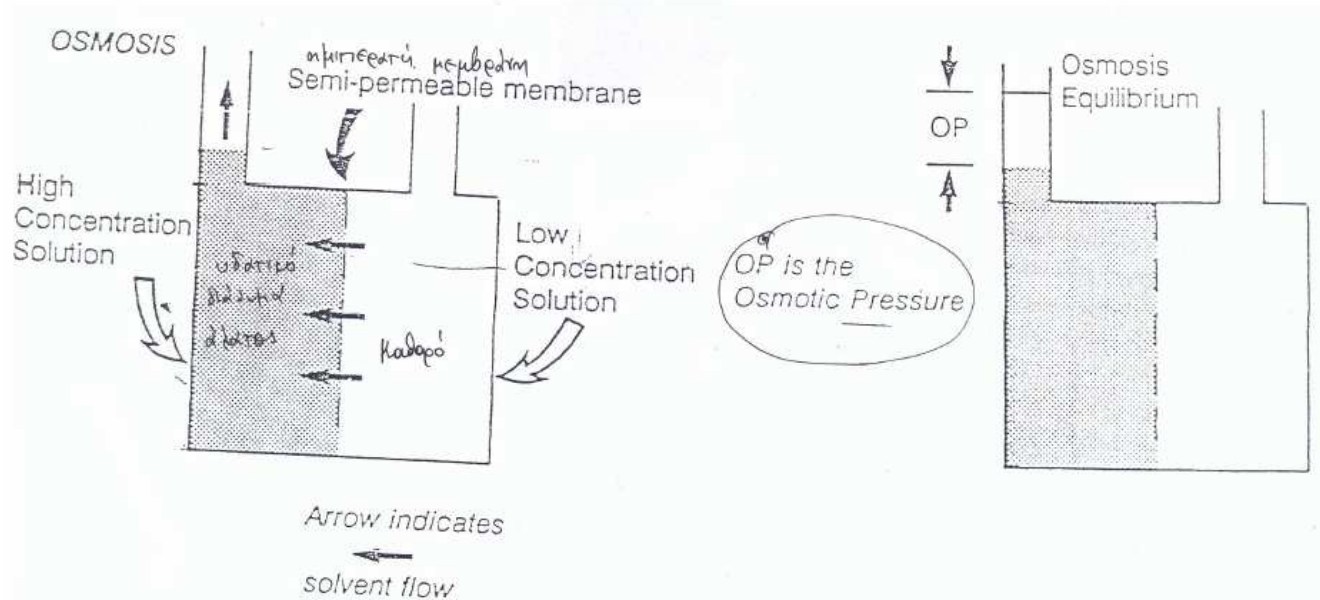
### **Γ. Οδηγίες**

- α. Πρέπει να υπάρχει στο πλοίο αντίγραφο από πρόσφατες μικροβιολογικές αναλύσεις του πόσιμου νερού κάθε λιμένα πριν από τον εφοδιασμό νερού, ώστε να διαπιστώνεται η καταλληλότητα αυτού. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να διατηρούνται στο πλοίο για 12 μήνες και να είναι διαθέσιμα σε κάθε έλεγχο.
- β. Οι συσκευές προσδιορισμού και καταγραφής του χλωρίου πρέπει να βαθμονομούνται στην αρχή του εφοδιασμού ή της παραγωγής πόσιμου νερού και αυτά να καταγράφονται στο αντίστοιχο βιβλίο.
- γ. Η συσκευή καταγραφής του υπολειμματικού χλωρίου, πρέπει να βρίσκεται στο πιο απομακρυσμένο σημείο του δικτύου του πόσιμου νερού, σε σημείο που υπάρχει ροή.
- δ. Τα αρχεία που καταγράφεται το υπολειμματικό χλώριο πρέπει να επιβεβαιώνουν ότι το υπολειμματικό χλώριο στο σύστημα διανομής είναι μεταξύ  $(0,2 \div 0,5) \left( \frac{mg}{lit} \right)$  (= p.p.m.) για διάστημα τουλάχιστον 16 ωρών για κάθε 24ωρο από τον τελευταίο έλεγχο του πλοίου.
- ε. Οι δεξαμενές αποθήκευσης του πόσιμου νερού και κάθε μέρος του δικτύου διανομής του πόσιμου νερού, πρέπει να καθαρίζεται, να απολυμαίνεται και να ξεπλένεται στις παρακάτω περιπτώσεις :
  - 1.** πριν τεθεί σε λειτουργία
  - 2.** πριν επανατεθεί σε λειτουργία μετά από επισκευή
  - 3.** σε περίπτωση ρύπανσης ή μόλυνσης του νερού
  - 4.** όταν υπάρχει είσοδος ανθρώπου σε δεξαμενή αποθήκευσης

Η απολύμανση που γίνεται σε περίπτωση μόλυνσης του δικτύου, πρέπει να γίνεται με τη διατήρηση του υπολειμματικού χλωρίου σε  $50 \left( \frac{mg}{lit} \right)$  (= p.p.m.) στην περιοχή που μολύνθηκε και να διατηρείται σε αυτό το επίπεδο για -4 ώρες.

## 2.4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Το φαινόμενο της ώσμωσης, συνίσταται στη ροή καθαρού νερού προς υδατικό διάλυμα άλατος, μέσω μιας ημι-περατής μεμβράνης.



**Σχήμα 18**

Στο σχήμα **18** η μεμβράνη Α χωρίζει ένα υδατικό διάλυμα άλατος Β από το καθαρό νερό Γ. Παρατηρείται ροή καθαρού νερού προς το διάλυμα.

Όταν η πίεση στις δύο πλευρές εξισωθεί, τότε αποκαθίσταται η ωσμωτική ισορροπία.

Η ύψωση της στάθμης στο δεξιό μέρος, δηλαδή στο υδατικό διάλυμα, δείχνει την ωσμωτική πίεση.

Αν ασκηθεί μια εξωτερική πίεση μεγαλύτερη από την ωσμωτική, τότε προκαλείται αντιστροφή της ροής, δηλαδή ροή μορίων νερού από την περιοχή του διαλύματος άλατος προς την περιοχή του καθαρού νερού.

Αυτή η διαδικασία είναι η αντίστροφη ώσμωση.

Μπορεί επομένως να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος όταν χρειάζεται να πάρουμε καθαρό νερό – πόσιμο από το θαλάσσιο νερό.

Το φαινόμενο αυτό αξιοποιήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες και η τεχνολογία κατέληξε στην κατασκευή και χρησιμοποίηση των μηχανημάτων αντίστροφης ώσμωσης σε πολλούς τομείς.

Ένα μηχανήμα αντίστροφης ώσμωσης αποτελείται από :

- αντλία υψηλής πίεσης
- μεμβράνες
- πιεστικό δοχείο μεμβρανών
- σωληνώσεις εισόδου ακατέργαστου νερού, εξόδου καθαρού νερού και αποχέτευση συμπυκνωμάτων.

Συνήθως από τη διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης επιτυγχάνεται κατακράτηση ανεπιθύμητων ενώσεων ή μικροοργανισμών σε ποσοστό μέχρι 98 % του συνόλου αυτών που περιέχονται στο νερό.

Η διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης μπορεί να αποδώσει 35 % παραγωγή ωφέλιμης ποσότητας πόσιμου νερού από το θαλασσινό νερό.

Η εξωτερική πίεση που εξασκείται είναι περίπου (50 ÷ 60) bar στα συνήθη συστήματα αντίστροφης ώσμωσης. Η πίεση αυτή, εκτός από το ότι πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση, πρέπει να υπερνικήσει και τις τριβές μέσα στις μεμβράνες.

Για νερά με συνολική περιεκτικότητα αλάτων πάνω από 700 ppm, η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης είναι η καταλληλότερη μέθοδος επεξεργασίας νερού. Χρησιμοποιείται δε συνήθως για την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

Όταν το θαλασσινό νερό θερμανθεί σε σημείο λίγο χαμηλότερα από το σημείο βρασμού σε δεδομένη πίεση, και στη συνέχεια μπει σε ένα θάλαμο με χαμηλότερη πίεση, παρατηρείται

εκρηκτικός βρασμός με σχηματισμό ατμού μέχρι να αποκατασταθεί ισορροπία στην υπάρχουσα πίεση μεταξύ ατμού και άλης.

## **2.5. ΔΙΑΝΟΜΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Το δίκτυο ποσίμου νερού, παρέχει στις διάφορες θέσεις κατανάλωσης του πλοίου, το πόσιμο νερό, το νερό λάτρης και υγιεινής.

Σε μεγαλύτερα πλοία χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα δίκτυα τα οποία αναρροφούν το νερό από τις αντίστοιχες δεξαμενές και το διανέμουν στα μαγειρεία, τα λουτρά κ.λ.π.

Προβλέπεται και ειδική διάταξη για τη θέρμανση του νερού, όπου απαιτείται ζεστό νερό.

Η απλούστερη διάταξη είναι η τοποθέτηση δεξαμενών σε υψηλότερα σημεία των καταστρωμάτων, απ' όπου το νερό διανέμεται δια της βαρύτητας. Η στάθμη μέσα στις δεξαμενές διατηρείται σταθερή, για σταθερή πίεση ροής, με τη βοήθεια ενός πλωτήρα, ο οποίος ανάλογα με το ύψος της στάθμης ενεργοποιεί το σύστημα εκκίνησης της αντλίας πληρώσεως της δεξαμενής.

Επειδή όμως στις εκτεθειμένες δεξαμενές άλλαζε η θερμοκρασία του νερού από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, η ροή ήταν ακανόνιστη.

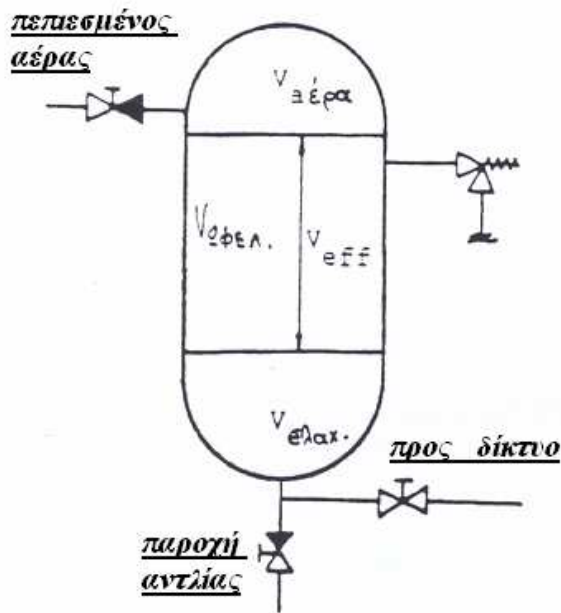
Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε, χρησιμοποιώντας τις δεξαμενές πίεσεως.

Μέσα σε αυτές τις δεξαμενές, δημιουργείται πάνω από την επιφάνεια της στάθμης, με παροχή πεπιεσμένου αέρα, η απαιτούμενη πίεση ροής προς τους καταναλωτές.

Όταν μεταβάλλεται η στάθμη, μεταβάλλεται και η πίεση, οπότε ενεργοποιείται η αντλία που παρέχει την απαιτούμενη ποσότητα του νερού στη δεξαμενή για εξισορρόπηση της πίεσης.

Μια απλή τέτοια εγκατάσταση παρουσιάζεται παρακάτω και στη συνέχεια παρουσιάζεται μια εγκατάσταση πόσιμου νερού.

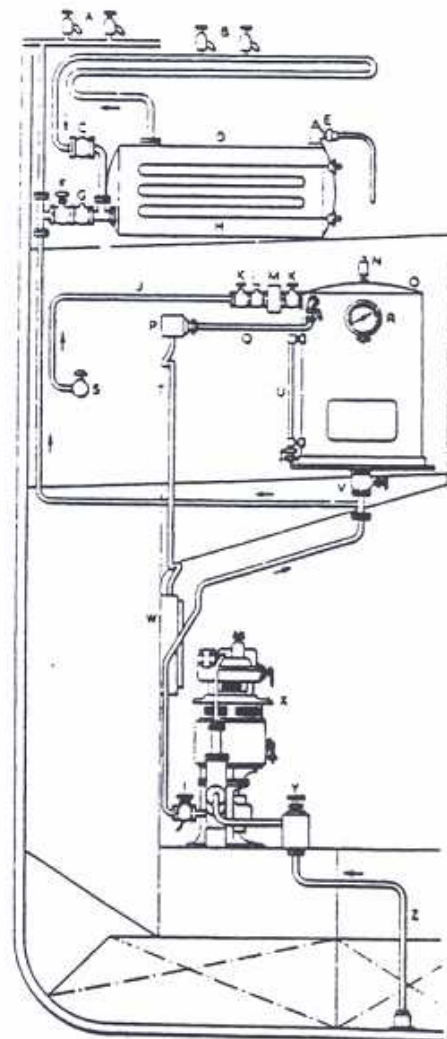




Σχήμα 19

**Υπόμνημα**

- Α. κρουρός ψυχρού νερού Β. κρουρός θερμού νερού
- Γ. αντεπίστροφο επιστόμιο Δ. θερμαντήρας
- Ε. υπερπλήρωση Ζ. διακόπτης Η. θερμαντικό στοιχείο
- Ι. ανεπίστροφο επιστόμιο Κ. πεπιεσμένος αέρας
- Λ. διακόπτες Μ. φίλτρο Ν. ασφαλιστικό
- Ο. δεξαμενή πίεσεως Ρ. ρυθμιστής πίεσεως
- Σ. αέρας προς ρυθμιστή Τ. θλιβόμετρο
- Υ. σύνδεση με συμπιεστή Φ. διακόπτης
- Χ. Υδροδείκτης Ψ. διακόπτης Ω. ηλεκτρική εκκίνηση
- Χ. αντλία Υ. ανεπίστροφο επιστόμιο Ζ. αναρρόφηση



Σχήμα 20

## ΔΙΚΤΥΟ ΕΛΑΙΟΥ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ

Είναι ανάλογο με το δίκτυο πετρελαίου.

Είναι ένα δίκτυο που μπαίνει πολύ νωρίς σε λειτουργία όταν πρόκειται να ξεκινήσει ένα πλοίο.

Το δίκτυο λιπάνσεως είναι κυρίως το δίκτυο που εξυπηρετεί την Κ.Μ., Πετρελαιομηχανή ή Ατμοστρόβιλο.

Περιλαμβάνει όμως και το δίκτυο λιπάνσεως των κινητήρων των ηλεκτρογεννητριών, τις δεξαμενές που περιέχουν τα λιπαντικά λάδια για όλα τα μικρότερα μηχανήματα του πλοίου, τις σωληνώσεις, που οδηγούν το κάθε λάδι στο αντίστοιχο μηχανήμα, καθώς και τις αντλίες κυκλοφορίας λαδιού των μικρότερων μηχανημάτων, όπως π.χ. στροβίλους κίνησης αντλίας φορτίου.

Το δίκτυο λιπάνσεως μπαίνει σε λειτουργία νωρίς με σκοπό το ξέπλυμα και το καθάρισμα των σωληνώσεων και των δεξαμενών.

Οι αντλίες λειτουργούν συνεχώς για 36 ώρες και το λάδι που χρησιμοποιείται κατά τη λειτουργία αυτή αφαιρείται μετά και η δεξαμενή κυκλοφορίας καθαρίζεται με μεγάλη επιμέλεια και επιθεωρείται.

Στη συνέχεια τοποθετείται στη δεξαμενή το λάδι κανονικής λειτουργίας και το δίκτυο λαδιού λιπάνσεως μπαίνει σε λειτουργία αρκετή ώρα πριν από το προβλεπόμενο ξεκίνημα της Κ.Μ.

Είναι ένα δίκτυο ζωτικής σημασίας για την ακεραιότητα των μηχανημάτων και γι'αυτό υπάρχουν οι παρακάτω προδιαγραφές ασφαλείας από τους Κανονισμούς :

**α.** Δύο –2- αντλίες λιπάνσεως, από τις οποίες η μια εφεδρείας (stand-by), αυτόματο οπτικό και ακουστικό συναγερμό για ανεπαρκή πίεση λαδιού στο δίκτυο λιπάνσεως.

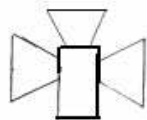
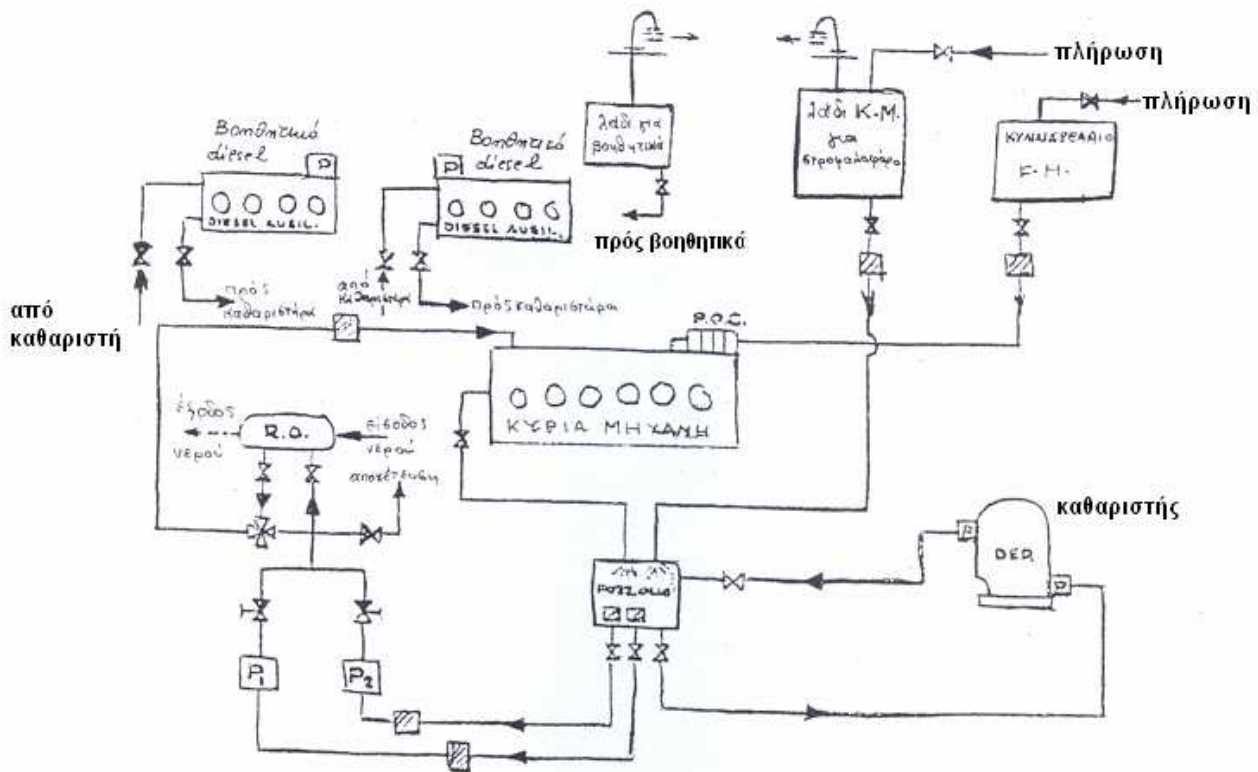
**β.** Στην εγκατάσταση μηχανής με στρόβιλο, αυτόματη συσκευή διακοπής του ατμού στο στρόβιλο σε περίπτωση ανεπαρκούς πίεσεως του λαδιού, μαζί με ένα συμπληρωματικό αυτόματο μέσο ανάγκης λιπάνσεως.

Αυτό το τελευταίο μπορεί να αποτελείται από μια δεξαμενή λαδιού με βαρύτητα ικανή να λιπάνει τουλάχιστον για 3' το στρόβιλο και τα γρανάζια.

Αυτή η δεξαμενή βαρύτητας πρέπει να έχει συναγερμό για χαμηλή στάθμη.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένα τυπικό διάγραμμα δικτύου λιπάνσεως.,

## ΔΙΚΤΥΟ ΕΛΑΙΟΥ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ



θερμοστατική βαλβίδα  
3 οδών

**R.O.** Ψύξη ελαίου

**R.O.C.** Αντλίες ελαίου κυλίνδρων

Σχήμα 21

Το διάγραμμα του **σχήματος 21**, αν και είναι πολύ απλοποιημένο σε σύγκριση με το πραγματικό και επομένως θα υποστεί πολλές αλλαγές σύμφωνα με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των μηχανημάτων, δείχνει τις παρακάτω ιδιαιτερότητες του δικτύου :

- ξεχωριστές δεξαμενές λαδιού για στροφαλοφόρο σύστημα Κ.Μ., κυλίνδρους Κ.Μ. και λίπανση βοηθητικών πετρελαιομηχανών, τοποθετημένες ψηλά στο μηχανοστάσιο για μια τροφοδοσία με βαρύτητα. Άνοιγμα διαφυγής αερίου στον αέρα με δίκτυο κατασβέσεως διότι οι ατμοί του λαδιού είναι εύφλεκτοι.
- Κ.Μ. με Κάρτερ και ξεχωριστό φρεάτιο λαδιού στο οποίο μαζεύεται με βαρύτητα το λάδι από το στροφαλοφόρο σύστημα.
- Βοηθητικά πετρελαιομηχανήματα με κάρτερ λαδιού χωρίς φρεάτιο (των οποίων το σχήμα δεν φαίνεται για συντομία και επειδή είναι ανάλογο με εκείνο της Κ.Μ.).

- 1 ή περισσότερα συστήματα καθαρισμού (DEP) (purifier) φυγοκεντρικού τύπου ή ειδικά φίλτρα καθαρισμού diesel. Καθαριστήρες με διπλή αντλία, μια αναρρόφησης από το φρεάτιο και μια κατάθλιψη.
- 2 αντλίες δικτύου λαδιού για στρόφαλο (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>)
- ψυκτικό λάδι (R.O.) με θερμοστατική βαλβίδα 3 οδών η οποία υποχρεώνει το λάδι να περάσει μέσα από το ψυκτικό, όταν η θερμοκρασία φθάσει μια προκαθορισμένη τιμή (π.χ. 40<sup>0</sup> C). Το ψυκτικό ψύχεται συνήθως με νερό θάλασσας ή γλυκό νερό.
- Αντλίες λαδιού κυλίνδρων (POC) τροφοδοτούμενες από την δεξαμενή ή λαδιού κυλίνδρων.
- Αποχέτευση χρησιμοποιημένου λαδιού.
- Πολλά φίλτρα και ειδικής κατασκευής (αυτοκαθαριζόμενα, διπλά κλπ).

Οι κινητήρες των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών και των μικρότερων μηχανημάτων έχουν εξηρημένη αντλία αλλά πολλές φορές χρησιμοποιείται ηλεκτροκίνητη ή και χειροκίνητη αντλία για την προλίπανση, πριν ξεκινήσει ο κινητήρας ή ο στρόβιλος και αρχίσει η λειτουργία της εξηρημένης.

Οι παροχές των αντλιών καθορίζονται από τους κατασκευαστές των κινητήρων, για προκαταρκτικούς υπολογισμούς μπορεί να ληφθεί για βραδύστροφους δίχρονους πετρελαιοκινητήρες η προσεγγιστική τιμή (12-20) l / KW h.

Η χωρητικότητα της δεξαμενής κυκλοφορίας του λαδιού λιπάνσεως (για τις Κ.Μ. χρησιμοποιείται ο στροφαλοθάλαμος της μηχανής ή δεξαμενή κάτω από την Κ.Μ. που είναι μέρος του πλοίου) καθορίζεται από τον κατασκευαστή της μηχανής.

Εκτός από τη δεξαμενή κυκλοφορίας του λαδιού λιπάνσεως, υπάρχει η δεξαμενή αποθήκευσης με χωρητικότητα ίση με αυτήν της κυκλοφορίας, η δεξαμενή κατακαθίσεως, η δεξαμενή διαρροών με ανιχνευτή υψηλής στάθμης, η δεξαμενή αποβλήτων στην οποία καταλήγουν (εκτός από τις διαρροές) τα απόβλητα από το φυγοκεντρικό διαχωριστή που υπάρχει στο δίκτυο και από το οποίο περνάει το λάδι σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα για να διατηρείται καθαρό. Η απώλεια του λαδιού αυτού είναι πολύ μικρή και περίπου (0,1 – 0,2) g/kWh για βραδύστροφους κινητήρες, και 1,0 g/kWh για μεσόστροφους.

Η κατανάλωση του κυλινδρέλαιου (για τη λίπανση των κυλίνδρων) είναι σημαντική και περίπου (0,5 – 1,0) g/kWh για τους μεγάλους δίχρονους κινητήρες.

Για το κυλινδρέλαιο υπάρχει η δεξαμενή αποθήκευσης, η δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης ώστε να ελέγχεται καθημερινά η ποσότητα που καταναλώνεται.

Για τους μικρότερους πετρελαιοκινητήρες η λίπανση των κυλίνδρων γίνεται με το λάδι του στροφαλοθαλάμου που εκτοξεύεται στις επιφάνειες των χιτωνίων και η κατανάλωση είναι περίπου 1,5 g/kWh.

Στο υπό εξέταση δίκτυο οι σωληνώσεις, διαμέτρων εναρμονισμένων στα χαρακτηριστικά των αντλιών και στις απαιτήσεις του δικτύου, είναι εσωτερικά καθαρισμένες για να εξασφαλίζουν την καθαριότητα του δικτύου.

**ΣΩΛΗΝΕΣ ΕΞΑΕΡΙΣΤΙΚΟΙ – ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ – ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΤΙΚΟΙ****ΕΞΑΕΡΙΣΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ**

Η διάταξη της κατασκευής των δεξαμενών διπυθμένων ή μη, όλων των πλοίων, πρέπει να είναι τέτοια ώστε επιτρέπει την ελεύθερη διαφυγή του αέρα και των αερίων προς τις σωλήνες εξαερισμού.

Κάθε δεξαμενή υγρού πρέπει να είναι εφοδιασμένη με τουλάχιστον δυο (2) σωλήνες εξαερισμού (εκτός μικρών δεξαμενών, όπως οι δεξαμενές κατακάθισης καυσίμων) που τοποθετούνται, στην άνω επιφάνεια της δεξαμενής, στο αντίθετο άκρο της δεξαμενής εκείνου που είναι τοποθετημένοι οι σωλήνες πλήρωσης.

Τα εξαεριστικά έχουν σκοπό να διατηρούν την πίεση στις δεξαμενές ίση με την ατμοσφαιρική πίεση κατά τη φόρτωση και την εκφόρτωση αυτών, να διαφεύγει δηλαδή μέσα από τις σωλήνες αυτές ο αέρας διότι σε αντίθετη περίπτωση ο συμπιεζόμενος αέρας δεν θα επέτρεπε την ολοκληρωτική πλήρωση της δεξαμενής με συνέπεια να δημιουργούνται επικίνδυνες υπερπίεσεις για την κατασκευή του πλοίου, πρέπει δε να καταλήγουν πάνω από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών.

Το υψηλότερο σημείο των εξαεριστικών σωλήνων έχει ημικυκλική μορφή και είναι εφοδιασμένο με συσκευή αντεπιστροφής ώστε να αποφεύγεται η είσοδος θάλασσας (σχ. με αντίβαρο, σχ. με σφαίρα η οποία κλείνει προς τα άνω όταν πιέζεται από κάτω με νερό).

Υπάρχει στην καμπύλη κάθε εξαεριστικού μια οπή 10 χιλ. για να μη δημιουργηθεί κενό κατά το άδειασμα της δεξαμενής.

Τα εξαεριστικά είναι επίσης εφοδιασμένα στις άκρες με δικτυωτά διαφράγματα που σταματούν τις φλόγες σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Το **ύψος των εξαεριστικών** σωλήνων από την άνω επιφάνεια των εκτεθειμένων καταστρωμάτων ή της επίστρωσης όπου τοποθετείται, μέχρι το σημείο όπου μπορεί να εισχωρήσει το νερό, δεν θα είναι μικρότερο από :

- 760 χιλ. επί του καταστρώματος στεγανών φρακτών
- 450 χιλ. επί των καταστρωμάτων των υπερκατασκευών.

Η **ολική επιφάνεια διατομής** των εξαεριστικών σωλήνων κάθε δεξαμενής ή των σωλήνων υπερπλήρωσης, θα είναι μεγαλύτερη κατά 25 % τουλάχιστον της πραγματικής επιφάνειας των αντίστοιχων σωλήνων πλήρωσης.

Οι εξαεριστικοί σωλήνες δεν θα έχουν **εσωτερική διάμετρο** μικρότερη από :

- 38 χιλιοστά (1,5 ίντσες) για τις δεξαμενές γλυκού νερού,
- 50 χιλ.(2 ίντσες) για δεξαμενές θαλασσέριματος,
- 63 χιλ. (2,5 ίντσες) για δεξαμενές πετρελαίου,

με ελάχιστο πάχος 5 χιλ.

## **ΣΩΛΗΝΕΣ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ**

Στις δεξαμενές τοποθετούνται σωλήνες υπερπλήρωσης οι οποίες καταλήγουν σε δεξαμενή υπερπλήρωσης επαρκούς χωρητικότητας.

Προβλέπεται υάλινος δείκτης επί του σωλήνα υπερπλήρωσης για να δείχνει πότε οι δεξαμενές υπερπληρούνται.

Εναλλακτικά, προβλέπεται συσκευή αναγγελίας για προειδοποίηση όταν οι δεξαμενές υπερπληρούνται ή όταν το πετρέλαιο φθάνει σε μια προκαθορισμένη στάθμη μέσα στις δεξαμενές.

Οι σωλήνες υπερπλήρωσης θα είναι χαλύβδινες με ελάχιστο πάχος τοιχώματος 5 χιλιοστά.

## **ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ**

Λαμβάνεται πρόβλεψη για την καταμέτρηση όλων των δεξαμενών των διαμερισμάτων εκείνων που δεν είναι προσιτά σε κάθε στιγμή.

Οι δεξαμενές καυσίμων και γλυκού νερού, εκτός από εγκεκριμένο μηχανισμό μετρήσεως στάθμης, πρέπει να διαθέτουν και πρόσθετο χειροκίνητο μέσο μετρήσεως.

Οι καταμετρητικοί σωλήνες πρέπει είναι χαλύβδινοι ελαχίστου πάχους 4,5 χιλιοστών, να έχουν εσωτερική διάμετρο όχι μικρότερη από 32 χιλιοστά και όταν διέρχονται μέσα από ψυκτικούς χώρους ή μέσα από τις μονώσεις πρέπει να έχουν εσωτερική διάμετρο όχι μικρότερη των 65 χιλιοστών.

Οι σωλήνες αυτοί πρέπει να οδηγούν από το χαμηλότερο σημείο της δεξαμενής μέχρι το κατάστρωμα στεγανών φρακτών (ή πάντως σε κάποια προσιτή θέση). Κάτω από το ανοικτό άκρο της σωλήνας πρέπει να τοποθετούνται τεμάχια ελάσματος κρούσεως ικανού πάχους.

Οι καταμετρητικοί σωλήνες φθάνουν μέχρι την οροφή της δεξαμενής ή μέχρι ένα ανώτερο κατάστρωμα, όπου και προβλέπεται πώμα κοχλιούμενο συνήθως σε ορειχάλκινο περιουχένιο που τοποθετείται επί του καταστρώματος.

Οι σωλήνες αυτοί πρέπει να είναι ευθείς όσον είναι πρακτικά δυνατό και σε περίπτωση που καμπυλώνονται για να προσαρμοστούν στην κατασκευή του πλοίου η καμπυλότητά τους πρέπει να είναι αρκετά ομαλή ώστε να επιτρέπεται η ευχερής διάδοος της καταμετρητικής ράβδου ή αλυσίδας. Σε κάθε ανώτατο άκρο τέτοιας σωλήνας τοποθετείται ονομαστική πινακίδα.

Εάν στους χώρους μηχανών δεν είναι πρακτικά εφικτό οι σωλήνες καταμέτρησης να φθάνουν μέχρι το κατάστρωμα, τότε μπορούν να τοποθετούνται βραχείς σωλήνες που να εκτείνονται σε προσιτή θέση πάνω από το δάπεδο (πανιόλο).

Εάν χρησιμοποιούνται υάλινοι σωλήνες για την ένδειξη της στάθμης του υγρού μέσα στις δεξαμενές πετρελαίου, ελαίου λιπάνσεως ή άλλου αναφλέξιμου υγρού, οι δείκτες αυτοί πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε υψηλές θερμοκρασίες, να προφυλάσσονται από μηχανική βλάβη και να είναι εφοδιασμένοι με αυτοκλειόμενα επιστόμια στο άνω και κάτω άκρο εάν συνδέονται με τις δεξαμενές κάτω από τη μέγιστη στάθμη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΜΕΛΕΤΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Για τη μελέτη και σχεδίαση ενός δικτύου σωληνώσεων , απαιτείται η επιλογή τυποποιημένου υλικού για τις σωληνώσεις , ο προσδιορισμός της παροχής όγκου  $\left(\frac{m^3}{h}\right)$  ή παροχή μάζας  $\left(\frac{kg}{h}\right)$  , ο προσδιορισμός της πίεσης και της θερμοκρασίας λειτουργίας του δικτύου , η επιλογή της ταχύτητας ροής του ρευστού στις σωληνώσεις του δικτύου , ο υπολογισμός της εσωτερικής διαμέτρου των σωλήνων και η τυποποίησή της με βάση τις σωλήνες του εμπορίου , ο υπολογισμός του πάχους τοιχώματος των σωλήνων και ο έλεγχος της ταχύτητας ροής οπότε η τελική επιλογή των σωλήνων .

Η παροχή κάθε κλάδου του δικτύου εξαρτάται από τις ανάγκες των καταναλώσεων που πρέπει να εξυπηρετηθούν από το υπό σχεδίαση δίκτυο.

Για ένα δίκτυο πυρόσβεσης η παροχή προκύπτει από απαιτήσεις των κανονισμών , για νερό ψύξης κινητήρων προδιαγράφεται από τα τεχνικά στοιχεία των κατασκευαστών , για ένα εναλλάκτη θερμότητας προκύπτει από τον αναλυτικό υπολογισμό του μηχανήματος.

Στον ΠΙΝΑΚΑ (5α σελ. 13 και 5β σελ.14) δίδονται τα καταλληλότερα υλικά για κάθε δίκτυο , ενώ στον ΠΙΝΑΚΑΣ 6 (σελ. 15) δίδεται η διάρκεια ζωής διαφόρων σωληνώσεων πλοίων (στατιστικός προσδιορισμός).

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Μετά από την επιλογή του υλικού των σωλήνων του υπό μελέτη δικτύου , για την επιλογή των σωλήνων απαιτείται ο προσδιορισμός της εσωτερικής διαμέτρου των σωλήνων με τον έλεγχο της ταχύτητας ροής του ρευστού μέσα σε αυτές.

Βασικό δεδομένο για τους υπολογισμούς είναι η παροχή που πρέπει να εξυπηρετηθεί από το υπό μελέτη δίκτυο .

Η παροχή δίδεται είτε σε μονάδες όγκου  $\left(\frac{m^3}{h}\right)$  , είτε σε μονάδες μάζας  $\left(\frac{kg}{h}\right)$  .

Για το υπό υπολογισμό δίκτυο , με γνωστή την παροχή και τις συνθήκες λειτουργίας του δικτύου (πίεση , θερμοκρασία ρευστού) από τον ΠΙΝΑΚΑ 8 (σελ. 51) , ευρίσκεται το διάστημα μεταβολής της ταχύτητας του ρευστού σε αυτό.

**ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΡΕΥΣΤΩΝ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΠΛΟΙΟΥ**

| Ρευστό                  | Επιτρεπόμενη ταχύτητα<br>m/s | Έμμεσα προσδιοριζόμενη ταχύτητα<br>m/s, $[d] = m$ | Ανωτάτη επιτρεπόμενη ταχύτητα<br>m/s | Ρευστό                | Επιτρεπόμενη ταχύτητα<br>m/s | Έμμεσα προσδιοριζόμενη ταχύτητα<br>m/s, $[d] = m$ | Ανωτάτη επιτρεπόμενη ταχύτητα<br>m/s |
|-------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Ατμός χαμηλής πίεσης    | 20                           | $150\sqrt{d}$                                     | 100                                  | CuZn20Al              | 3,0                          | $6\sqrt{d} / 10\sqrt{d}$                          | 3,5                                  |
| $p \leq 40 \text{ bar}$ | 20                           | $100\sqrt{d}$                                     | 76                                   | CuNi10Fe              | 3,5                          |   | 4,0                                  |
| $p > 40 \text{ bar}$    | 40                           | $150\sqrt{d}$                                     | 61                                   | CuNi30Fe              | 4,0                          |   | 5,0                                  |
| Τροφοδοσιμό νερό        |                              |   |                                      | κράματα Τιτανίου      | 6,5                          |   |                                      |
| γραμμική αναρροφήσεως   | 1                            | $2,5\sqrt{d}$                                     | 1,2                                  | Μετάγγιση καυσίμου    |                              |   |                                      |
| - καταθλίψεως           | 1,5-2,5                      | $8\sqrt{d}$                                       | 3                                    | γραμμική αναρροφήσεως | 1,5                          | $2\sqrt{d}$                                       | 1,8                                  |
| Συμπύκνωμα ατμού        |                              |   |                                      | - καταθλίψεως         | 3                            | $4\sqrt{d}$                                       | 4,5                                  |
| γραμμική αναρροφήσεως   | 0,7                          | $2\sqrt{d}$                                       | 0,9                                  | Τροφοδότηση καυσίμου  |                              |   |                                      |
| - καταθλίψεως           | 1,5-2,5                      | $6\sqrt{d}$                                       | 2,5                                  | Βαρέος                |                              |   |                                      |
| - αποστραγγίσεως        | 0,2                          | $0,6\sqrt{d}$                                     | 0,3                                  | γραμμική αναρροφήσεως | 0,5-0,8                      | $2\sqrt{d}$                                       | 1,2                                  |
| Γλυκό νερό ψύξεως       |                              |   |                                      | - καταθλίψεως         | 1-1,5                        | $3\sqrt{d}$                                       | 1,8                                  |
| γραμμική αναρροφήσεως   | 1                            | $6\sqrt{d}$                                       | 4,5                                  | Diesel                |                              |   |                                      |
| - καταθλίψεως           | 2                            | $10\sqrt{d}$                                      | 6                                    | γραμμική αναρροφήσεως | 1,2-1,8                      | $4\sqrt{d}$                                       | 2,1                                  |
| κλειστό κύκλωμα         | 4,5                          |   |                                      | - καταθλίψεως         | 2,5                          | $10\sqrt{d}$                                      | 3,5                                  |
| Πόσιμο νερό             | 1,5                          |   |                                      | Λάδι κυλάνσεως        |                              |   |                                      |
| Ζεστό νερό              |                              |   |                                      | γραμμική αναρροφήσεως | 0,5-1                        | $2\sqrt{d}$                                       | 1,2                                  |
| γραμμική αναρροφήσεως   | 0,7                          | $2\sqrt{d}$                                       | 0,9                                  | - καταθλίψεως         | 1,5-1,8                      | $4\sqrt{d}$                                       | 1,8                                  |
| - καταθλίψεως           | 1                            | $6\sqrt{d}$                                       | 2,5                                  | Υδραυλικό λάδι        |                              |   |                                      |
| Δίκτυο Υγιεινής         |                              |   |                                      | γραμμική αναρροφήσεως | 1                            | $3\sqrt{d}$                                       | 2,5                                  |
| σε χώρους ενδιαιτήσεως  | 1                            |   |                                      | - καταθλίψεως         | 1-2                          | $16\sqrt{d}$                                      | 6                                    |
| σε μηχανοστάσιο         | 2                            |   |                                      | Πεπιεσμένος αέρας     | 20                           |   | 30                                   |
| Δίκτυο Πυρκαϊάς         | 2-4                          |   |                                      | Καυσάγια Diesel       | 30                           |   | 40                                   |
| Θαλασσινό νερό κύτους   | χαλ                          | 2,04  | 2,7                                  | - Ατρήτων             | 12-15                        |   |                                      |
| - " έρματος             | γαλ                          | 2-3   | <b>3</b>                             |                       |                              |   |                                      |
| - " ψύξεως              | "                            |   |                                      |                       |                              |   |                                      |
| γραμμική αναρροφήσεως   | -                            | 1   |                                      |                       |                              |   |                                      |
| - καταθλίψεως           | -                            | 2   | 2,7                                  |                       |                              |   |                                      |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8**

Είναι γνωστό ότι η παροχή δίδεται από τη σχέση :

$$Q_v = A \times w \left( \frac{m^3}{h} \right) \quad \text{ή} \quad Q_p = A \times w \times \rho \left( \frac{kg}{h} \right), \quad \text{όπου}$$

$$A = \frac{\pi \times d^2 \varepsilon \omega \tau}{4} \quad (m^2) = \text{εμβαδόν διατομής σωλήνα}, \quad \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \text{πυκνότητα ρευστού}$$

Επειδή η γκάμα τιμών της ταχύτητας είναι συνήθως μεγάλη, και δεδομένου ότι στις παραπάνω σχέσεις υπολογισμού της παροχής υπάρχουν δύο άγνωστοι (ταχύτητα και διάμετρος σωλήνας), για τον υπολογισμό της διαμέτρου επιλέγεται η έμμεσα προσδιοριζόμενη ταχύτητα από τον ΠΙΝΑΚΑ 8 και η τιμή αυτή αντικαθίσταται στη θέση της ταχύτητας  $w$  στις σχέσεις της παροχής.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της διαμέτρου που προκύπτει από τη σχέση της παροχής που εφαρμόζεται σε κάθε περίπτωση, οπότε πρέπει να γίνει η εκλογή της καταλληλότερης σωλήνας για το υπό υπολογισμό δίκτυο ώστε να εξυπηρετείται και η παροχή.

Οι σωλήνες είναι τυποποιημένοι με βάση την **ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ** διάμετρο σε κάθε μια από τις οποίες αντιστοιχεί μια εξωτερική διάμετρος και ένα πάχος τοιχώματος σωλήνας. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και διαφορετικό πάχος τοιχώματος, αλλά αυτό γίνεται εφ' όσον απαιτείται από τον έλεγχο αντοχής της σωληνώσεως με βάση τις συνθήκες λειτουργίας του δικτύου (πίεση, θερμοκρασία).



Έχοντας υπολογίσει την εσωτερική διάμετρο από τη σχέση της παροχής, επιλέγεται από τον ΠΙΝΑΚΑ 9 η ονομαστική διάμετρος που η τιμή της είναι κοντά στην υπολογισμένη τιμή της εσωτερικής διαμέτρου. Από την τιμή της εξωτερικής διαμέτρου λαμβάνεται η αντίστοιχη εξωτερική διάμετρος  $d_a$ , το πάχος τοιχώματος  $s$  (το κανονικό πάχος κατά DIN 2448, σελίδα 59).

| Ονομαστική Διάμετρος |     | Εξωτερική Διάμετρος | Πάχος τοιχώματος σωλήνα (mm) |   |  |  |   |
|----------------------|-----|---------------------|------------------------------|---|--|--|---|
| 1                    | 2   | 3                   | 4                            | 5   | 6  | 7  | 8   |
| in                   | mm  | mm                  | DIN 2448* (με απείρωμα)      | DIN 2458 (συγκολλητοί) ελάχιστο κατά GI και LRS | Ελάχιστο κατά LRS για εξαεριστικά, υπερχειλήσεις και μετρητικά δεξαμενών σκάφους | Ελάχιστο κατά LRS για σωλήνες κύτους, έρματος και δεκτύων θάλασσας | Ελάχιστο κατά LRS για σωλήνες κύτους, αέρα, υπερχειλήσεις και μετρητικά μέσα σε δεξαμενές έρματος και καυσίμου, σωλήνες έρματος μέσα σε δεξαμενές καυσίμου και σωλήνες καυσίμων μέσα σε δεξαμενές έρματος |
| 1/8                  | 6   | 10,2                | 2,0                          | 1,6   |  |  |   |
| 1/4                  | 8   | 13,5                | 2,35                         | 1,8   |  |  |   |
| 3/8                  | 10  | 17,2                | 2,35                         | 1,8   |  |  |   |
| 1/2                  | 15  | 21,3                | 2,65                         | 2,0   |  | 3,2  |   |
| 3/4                  | 20  | 26,9                | 2,65                         | 2,0   |  | 3,2  |   |
| 1                    | 25  | 33,7                | 3,25                         | 2,0   | 4,5  | 3,6  | 6,3   |
| 1 1/4                | 32  | 42,4                | 3,25                         | 2,0   | 4,5  | 3,6  | <b>6,3</b>  |
| 1 1/2                | 40  | 48,3                | 3,25                         | 2,3   | 4,5  | 4,0  | 6,3   |
| 2                    | 50  | 60,3                | 3,65                         | 2,3   | 4,5  | 4,5  | 6,3   |
| 2 1/2                | 65  | 76,1                | 3,65                         | 2,6   | 4,5  | 4,5  | 7,1   |
| 3                    | 80  | 88,9                | 4,05                         | 2,9   | 4,5  | 4,5  | 8,0   |
| 4                    | 100 | 114,3               | 4,5                          | 3,2   | 4,5  | 4,5  | 8,0   |
| 5                    | 125 | 139,7               | 4,85                         | 3,6   | 4,5  | 4,5  | 8,8   |
| 6                    | 150 | 168,3               | 4,85                         | 4,0   | 5,4  | 5,4  | 8,8   |
| 7                    | 175 | 193,7               |                              | 4,5   | 5,9  | 5,9  | 8,8   |
| 8                    | 200 | 219,1               |                              | 4,5   | 6,3  | 6,3  | 8,8   |
| 9                    | 225 | 244,5               |                              | 5,0   | 6,3  | 6,3  | 8,8   |
| 10                   | 250 | 273                 |                              | 5,0   | 6,3  | 6,3  | 8,8   |
| 12                   | 300 | 323,9               |                              | 5,6   | 6,3  | 6,3  | 8,8   |
| 14                   | 350 | 355,6               |                              | 5,6   | 6,3  | 6,3  | 8,8   |
| 16                   | 400 | 406,4               |                              | 6,3   |  |  |   |
| 20                   | 500 | 508                 |                              | 6,3   |  |  |   |
| 24                   | 600 | 609,6               |                              | 6,3   |  |  |   |
| 28                   | 700 | 711,2               |                              | 7,1   |  |  |   |
| 32                   | 800 | 812,8               |                              | 8,0   |  |  |   |

**Σημ. :** για σωλήνες αέρα, κύτους, έρματος, καυσίμου, υπερχειλήσεις, μετρητικά και εξαεριστικά που είναι αποτελεσματικά προστατευμένοι εναντίον διαβρώσεως, το πάχος τοιχώματος του Πίνακα αυτού μπορεί να μειωθεί κατά 1 mm.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9**

Στη συνέχεια από τη σχέση της παροχής γίνεται υπολογισμός της τιμής της ταχύτητας ροής του ρευστού και εάν η τιμή αυτή περιλαμβάνεται ανάμεσα στην επιτρεπόμενη ταχύτητα και την ανώτατη επιτρεπόμενη ταχύτητα που αναγράφονται στον ΠΙΝΑΚΑ 8, τότε γίνεται αποδεκτή και η αντίστοιχη τιμή της εσωτερικής διαμέτρου.

Όταν οι συνθήκες λειτουργίας του δικτύου επιβάλλουν την επιλογή διαφορετικού πάχους από το κανονικό πάχος τοιχώματος σωλήνα, αυτό επιλέγεται από τον ΠΙΝΑΚΑ 2448 (σελίδα 65) και στη συνέχεια γίνεται και ο έλεγχος ταχύτητας και αντοχής για την αποδοχή του διαφορετικού πάχους.

Στον ΠΙΝΑΚΑ 9α και ΠΙΝΑΚΑ 10, δίδονται τα ελάχιστα πάχη για χαλκοσωλήνες και πλαστικούς σωλήνες που χρησιμοποιούνται στα πλοία και στον ΠΙΝΑΚΑ 10α δίδεται το ελάχιστο πάχος τοιχώματος σωλήνων από χαλκό και κράματα χαλκού.

Ελάχιστο πάχος τοιχώματος  
χαλκοσωλήνων και σωλήνων από κράματα χαλκού κατά GL

| Χαλκοσωλήνες                      |                            | Σωλήνες από κράματα χαλκού        |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Εξωτερική διάμετρος<br>$d_a$ (mm) | Πάχος τοιχώματος<br>s (mm) | Εξωτερική διάμετρος<br>$d_a$ (mm) | Πάχος τοιχώματος<br>s (mm) |
| $\leq 12,0$                       | 1,0                        | $\leq 22,0$                       | 1,0                        |
| $\geq 14,0$                       | 1,5                        | $\geq 25,0$                       | 1,5                        |
| $\geq 44,5$                       | 2,0                        | $\geq 76,0$                       | 2,0                        |
| $\geq 60,0$                       | 2,5                        | $\geq 108,0$                      | 2,5                        |
| $\geq 108,0$                      | 3,0                        | $\geq 219,0$                      | 3,0                        |
| $\geq 159,0$                      | 3,5                        | $\geq 324,0$                      | 4,0                        |
| $\geq 267,0$                      | 4,0                        | $\leq 419,0$                      | 4,0                        |
| $\leq 419,0$                      | 4,0                        |                                   |                            |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9α**

Ελάχιστο πάχος τοιχώματος πλαστικών σωλήνων κατά GL

| Σωλήνες από PVC 100               |                            |                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Εξωτερική διάμετρος<br>$d_a$ (mm) | Πάχος τοιχώματος<br>s (mm) | Εξωτερική διάμετρος<br>$d_a$ (mm) | Πάχος τοιχώματος<br>s (mm) |
| 10,0                              | 1,0                        | 63,0                              | 3,0                        |
| 12,0                              | 1,0                        | 75,0                              | 3,6                        |
| 16,0                              | 1,2                        | 90,0                              | 4,3                        |
| 20,0                              | 1,5                        | 110,0                             | 5,3                        |
| 25,0                              | 1,5                        | 125,0                             | 6,0                        |
| 32,0                              | 1,8                        | 140,0                             | 6,7                        |
| 40,0                              | 2,0                        | 160,0                             | 7,7                        |
| 50,0                              | 2,4                        |                                   |                            |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10**

**Ελάχιστο πάχος τοιχώματος σωλήνων από χαλκό και κράματα χαλκού**

| <b>Εξωτερική διάμετρος<br/>(mm)</b> | <b>Ελάχιστο πάχος τοιχώματος (mm)</b> |                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
|                                     | <b>Χαλκός</b>                         | <b>Κράματα χαλκού</b> |
| <b>8 - 10</b>                       | <b>1</b>                              | <b>0,8</b>            |
| <b>12 - 20</b>                      | <b>1,2</b>                            | <b>1</b>              |
| <b>25 - 44,5</b>                    | <b>1,5</b>                            | <b>1,2</b>            |
| <b>50 - 76,1</b>                    | <b>2</b>                              | <b>1,5</b>            |
| <b>88,9 - 108</b>                   | <b>2,5</b>                            | <b>2</b>              |
| <b>133 - 159</b>                    | <b>3</b>                              | <b>2,5</b>            |
| <b>193,7 - 267</b>                  | <b>3,5</b>                            | <b>3</b>              |
| <b>273 - 457,2</b>                  | <b>4</b>                              | <b>3,5</b>            |
| <b>470</b>                          | <b>4</b>                              | <b>3,5</b>            |
| <b>508</b>                          | <b>4,5</b>                            | <b>4</b>              |

(R.I.N.A. Part C, Ch. 1, Sect. 10)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10α****ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΩΛΗΝΑ**

Τα δίκτυα σωληνώσεων με πίεση διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα :

| <b>Δίκτυο</b>   | <b>Κατηγορία I</b> |                          | <b>Κατηγορία II</b> |                          | <b>Κατηγορία III</b> |                          |
|---|--------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|   | <b>p (MPa)</b>     | <b>t (<sup>0</sup>C)</b> | <b>P (MPa)</b>      | <b>t (<sup>0</sup>C)</b> | <b>P (MPa)</b>       | <b>t (<sup>0</sup>C)</b> |
| Καυσίμου  | $p > 1,6$          | $t > 150$                | *                   | *                        | $p \leq 0,7$         | $t \leq 60$              |
| Ατμού   | $p > 1,6$          | $t > 300$                | *                   | *                        | $p \leq 0,7$         | $t \leq 170$             |
| Έλαιο λίπανσης  | $p > 1,6$          | $t > 150$                | *                   | *                        | $p \leq 0,7$         | $t \leq 60$              |
| Αέρας , αέριο , νερό ,<br>υδραυλικά μη<br>εύκλεκτα υγρά | $p > 4$            | $t > 300$                | *                   | *                        | $p \leq 1,6$         | $t \leq 200$             |
| υδραυλικά εύκλεκτα<br>υγρά                              | $p > 1,6$          | $t > 150$                | *                   | *                        | $p \leq 0,7$         | $t \leq 60$              |

(\*) : συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας διαφορετικές από τις Κατηγορίες I και II.

(R.I.N.A. Part C, Ch. 1, Sect. 10)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10 β**

Η διαίρεση των σωλήνων και των δικτύων γίνεται για τον καθορισμό πιέσεων δοκιμής , συνδέσμων , τρόπου συγκόλλησης . Οι σωλήνες της Κατηγορίας III μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για μετρητικούς σωλήνες , σωλήνες υπερχειλίσης κ.λ.π.

Το πάχος σε (mm) των σωλήνων υπό πίεση υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$t = \frac{t_0 + b + c}{1 - \frac{a}{100}}, \quad \text{όπου :}$$

$$t_0 = \text{πάχος σε (mm)} = \frac{p \times D}{2 \times K \times e + p}, \text{ όπου :}$$

$p$  = πίεση σχεδίασης, σε (MPa)

$D$  = εξωτερική διάμετρος της σωλήνας, σε (mm)

$K$  = επιτρεπόμενη τάση, σε  $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$ , δίδεται στους ΠΙΝΑΚΕΣ 11, 12, 13

**Επιτρεπόμενη τάση ( $N/mm^2$ ) για σωλήνες ανθρακούχους και σωλήνες με μαγγανιούχους χάλυβες**

| Τάση θραύσεως<br>( $N/mm^2$ ) | Θερμοκρασία σχεδίασης ( $^{\circ}C$ ) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                               | ≤50                                   | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 410 | 420 | 430 | 440 | 450 |
| 320                           | 107                                   | 105 | 99  | 92  | 78  | 62  | 57  | 55  | 55  | 54  | 54  | 54  | 49  |
| 360                           | 120                                   | 117 | 110 | 103 | 91  | 76  | 69  | 68  | 68  | 68  | 64  | 56  | 49  |
| 410                           | 136                                   | 131 | 124 | 117 | 106 | 93  | 86  | 84  | 79  | 71  | 64  | 56  | 49  |
| 460                           | 151                                   | 146 | 139 | 132 | 122 | 111 | 101 | 99  | 98  | 85  | 73  | 62  | 53  |
| 490                           | 160                                   | 156 | 148 | 141 | 131 | 121 | 111 | 109 | 98  | 85  | 73  | 62  | 53  |

*(R.I.N.A. Part C, Ch. 1, Sect. 10)*

**ΠΙΝΑΚΑΣ 11**

**Επιτρεπόμενη τάση ( $N/mm^2$ ) χάλυβων με περιεκτικότητα άλλων μετάλλων**

| Τύπος<br>χάλυβα          | Τάση<br>θραύσεως<br>( $N/mm^2$ ) | Θερμοκρασία σχεδίασης<br>( $^{\circ}C$ ) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|--------------------------|----------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
|                          |                                  | ≤50                                      | 100 | 200 | 300 | 350 | 400 | 440 | 450 | 460 | 470 |  |
| 1Cr1/2Mo                 | 440                              | 159                                      | 150 | 137 | 114 | 106 | 102 | 101 | 101 | 100 | 99  |  |
| 2 1/4Cr1Mo <u>Σημ. 1</u> | 410                              | 76                                       | 67  | 57  | 50  | 47  | 45  | 44  | 43  | 43  | 42  |  |
| 2 1/4Cr1Mo <u>Σημ. 2</u> | 490                              | 167                                      | 163 | 153 | 144 | 140 | 136 | 130 | 128 | 127 | 116 |  |
| 2 1/4Cr1Mo <u>Σημ. 3</u> | 490                              | 167                                      | 163 | 153 | 144 | 140 | 136 | 130 | 122 | 114 | 105 |  |
| 1/2Cr 1/2Mo 1/4V         | 460                              | 166                                      | 162 | 147 | 120 | 115 | 111 | 106 | 105 | 103 | 102 |  |

| Τύπος<br>χάλυβα          | Τάση<br>θραύσεως<br>( $N/mm^2$ ) | Θερμοκρασία σχεδίασης<br>( $^{\circ}C$ ) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|--------------------------|----------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
|                          |                                  | 480                                      | 490 | 500 | 510 | 520 | 530 | 540 | 550 | 560 | 570 |  |
| 1Cr1/2Mo                 | 440                              | 98                                       | 97  | 91  | 76  | 62  | 51  | 42  | 34  | 27  | 22  |  |
| 2 1/4Cr1Mo <u>Σημ. 1</u> | 410                              | 42                                       | 42  | 41  | 41  | 41  | 40  | 40  | 40  | 37  | 32  |  |
| 2 1/4Cr1Mo <u>Σημ. 2</u> | 490                              | 106                                      | 96  | 86  | 79  | 67  | 58  | 49  | 43  | 37  | 32  |  |
| 2 1/4Cr1Mo <u>Σημ. 3</u> | 490                              | 96                                       | 88  | 79  | 72  | 64  | 56  | 49  | 43  | 37  | 32  |  |
| 1/2Cr 1/2Mo 1/4V         | 460                              | 101                                      | 99  | 97  | 94  | 82  | 72  | 62  | 53  | 45  | 37  |  |

*(R.I.N.A. Part C, Ch. 1, Sect. 10)*

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12**



**Επιτρεπόμενη τάση ( N / mm<sup>2</sup> ) σωλήνων από χαλκό και κράματα χαλκού**

| Υλικό<br>(με ανόπτηση)           | Τάση<br>θραύσεως<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Θερμοκρασία σχεδίασης (°C) |    |     |      |     |      |      |     |      |     |     |
|----------------------------------|--|----------------------------|----|-----|------|-----|------|------|-----|------|-----|-----|
|                                  |  | ≤50                        | 75 | 100 | 125  | 150 | 175  | 200  | 225 | 250  | 275 | 300 |
| <b>Χαλκός</b>                    | 215                                      | 41                         | 41 | 40  | 40   | 34  | 27,5 | 18,5 |     |      |     |     |
| <b>Μπρούντζος<br/>αλουμινίου</b> | 325                                      | 78                         | 78 | 78  | 78   | 78  | 51   | 24,5 |     |      |     |     |
| Cupro-nichel<br>95/5 e 90/10 (1) | 275                                      | 68                         | 68 | 67  | 65,5 | 64  | 62   | 59   | 56  | 52   | 48  | 44  |
| Cupro-nichel<br>70/30 (2)        | 365                                      | 81                         | 79 | 77  | 75   | 73  | 71   | 69   | 67  | 65,5 | 64  | 62  |

(1) (χαλκονικέλιο) Cu90Ni10Fe

(2) (χαλκονικέλιο) Cu70Ni30Fe

(R.I.N.A. Part C, Ch. 1, Sect. 10)**ΠΙΝΑΚΑΣ 13**

$e$  = συντελεστής αποτελεσματικότητας της συγκόλλησης = 1 για σωλήνες χωρίς ραφή και σωλήνες που έχουν συγκολληθεί με μέθοδο αποδεκτό από το Νηογνώμονα .

$c$  = προσαύξηση λόγω διάβρωσης , σε πίνακες 14 , 15

**Προσαύξηση λόγω διάβρωσης πάχους τοιχώματος χαλυβδοσωλήνων**

| <b>Δίκτυο σωληνώσεων</b>  | <b>Σταθερά <math>c</math> (mm)</b> |
|---|------------------------------------|
| Υπέρθερμος ατμός  | 0,3                                |
| Κεκορεσμένος ατμός  | 0,8                                |
| Θερμαντικά στοιχεία ατμού σε δεξαμενές φορτίου και δεξαμενές καυσίμου | 2,0                                |
| Τροφοδοτικό νερό λεβήτων σε ανοικτά δίκτυα                            | 1,5                                |
| Τροφοδοτικό νερό λεβήτων σε κλειστά δίκτυα                            | 0,5                                |
| Εξαγωγή νερού λεβήτων (δίκτυα στρατώνας)                              | 1,5                                |
| Πεπιεσμένος αέρας   | 1,0                                |
| Υδραυλικά ρευστά  | 0,3                                |
| Έλαια λίπανσης  | 0,3                                |
| Καύσιμο   | 1,0                                |
| Διαθερμικά ρευστά   | 1,0                                |
| Γλυκό νερό  | 0,8                                |
| Νερό θάλασσας   | 3,0                                |
| Ψυκτικά υγρά  | 0,3                                |
| Εγκαταστάσεις φορτίου δεξαμενοπλοίων                                  | 2,0                                |
| Εγκαταστάσεις φορτίου για πλοία υγροποιημένων αερίων                  | 0,3                                |

**Σημειώσεις :**

- για σωληνώσεις που διέρχονται από δεξαμενές υγρού φορτίου , προστίθεται μια ακόμη σταθερά διάβρωσης για να ληφθεί υπ όψιν η εξωτερική διάβρωση.
- η σταθερά διάβρωσης μπορεί να μειωθεί όταν οι σωληνώσεις και κάθε εξάρτημα σύνδεσης είναι προστατευμένο κατά της διάβρωσης με κατάλληλη βαφή , επένδυση κ.λ.π.

(R.I.N.A. Part C, Ch. 1, Sect. 10)**ΠΙΝΑΚΑΣ 14**

**Προσαύξηση λόγω διάβρωσης πάχους τοιχώματος σωλήνων από άλλα υλικά**

| Δίκτυο σωληνώσεων                                | Σταθερά c (mm) |
|--|----------------|
| Χαλκός   | 0,8            |
| Μπρούντζος (ορείχαλκος)                          | 0,8            |
| Κράματα χαλκού - κασσίτερου                      | 0,8            |
| Κράματα χαλκού – νικελίου με λιγότερο του 10% Ni | 0,8            |
| Κράματα χαλκού – νικελίου με τουλάχιστον 10% Ni  | 0,5            |
| Αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου                 | 0,5            |

**Σημειώσεις :**

- για υγρά με υψηλά χαρακτηριστικά διάβρωσης , ο Νηογνώμονας μπορεί να ζητήσει μια πιο υψηλή τιμή της σταθεράς.
- για διαφορετικά υλικά σωληνώσεων η τιμή της σταθεράς διάβρωσης αποφασίζεται από το Νηογνώμονα .

*(R.I.N.A. Part C, Ch. 1, Sect. 10)*

**ΠΙΝΑΚΑΣ 15**

b = μείωση πάχους λόγω καμπυλότητας σε (mm) , που υπολογίζεται από τη σχέση :

$$= \frac{D \times t_0}{2,5 \times \rho} \text{ , όπου :}$$

D , t<sub>0</sub> = ως παραπάνω ,

ρ = ακτίνα καμπυλότητας , σε (mm) **ΠΙΝΑΚΑΣ 16**

**Ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας για χαλυβδοσωλήνες**

| Εξωτερική<br>διάμετρος |         | 2   |        | 3                       |         | 4  |      | 5  |      |
|------------------------|---------|---|--------|-------------------------|---------|--|------|--|------|
|                        |         | 'Ακτίνα μέχρι τό<br>κέντρο του σωλήνα<br>s <sub>καμπ</sub> = 1,125 s<br>Για όλα τα πάχη |        | 'Εξωτερική<br>Διάμετρος |         | 'Ακτίνας μέχρι τό κέντρο<br>του σωλήνα<br>s <sub>καμπ</sub> = 1,125 s<br>Για όλα τα πάχη |      | s <sub>καμπ</sub> = 1,1 s<br>s <sub>καμπ</sub> = 35 mm<br>ή μεγαλύτερο |      |
| (mm)                   | (in)    | mm  | (in)   | mm                      | (in)    | mm   | (in) | mm   | (in) |
| 26.9                   | (1.053) | 63  | (2.5)  | 244,5                   | (9.625) | 810  | (32) | 1140   | (45) |
| 33.7                   | (1.344) | 76  | (3.0)  | 278.0                   | (10.75) | 1020   | (40) | 1270   | (50) |
| 42.4                   | (1.683) | 101   | (4.0)  | 298,5                   | (11.75) | 1120   | (44) | 1400   | (55) |
| 48.3                   | (1.905) | 114   | (4.5)  | 323.9                   | (12.75) | 1220   | (48) | 1520   | (60) |
| 60.3                   | (2.375) | 152   | (6.0)  | 355.0                   | (14.0)  | 1500   | (59) | 1780   | (70) |
| 76.1                   | (3.0)   | 190   | (7.5)  | 381.0                   | (15.0)  | 1600   | (63) | 1900   | (75) |
| 88.9                   | (3.5)   | 228   | (9.0)  | 406,4                   | (16.0)  | 1700   | (67) | 2030   | (80) |
| 101.6                  | (4.0)   | 267   | (10.5) | 457,2                   | (18.0)  | 2030   | (80) | 2280   | (90) |
| 114.3                  | (4.5)   | 305   | (12.0) |                         |         |  |      |  |      |
| 127.0                  | (5.0)   | 355   | (14.0) |                         |         |  |      |  |      |
| 139.7                  | (5.5)   | 380   | (15.0) |                         |         |  |      |  |      |
| 152.4                  | (6.0)   | 430   | (17.0) |                         |         |  |      |  |      |
| 165.1                  | (6.5)   | 460   | (18.0) |                         |         |  |      |  |      |
| 168.3                  | (6.625) | 460   | (18.0) |                         |         |  |      |  |      |
| 177.8                  | (7.0)   | 550   | (22.0) |                         |         |  |      |  |      |
| 193.7                  | (7.625) | 630   | (25.0) |                         |         |  |      |  |      |
| 219.1                  | (8.625) | 710   | (28.0) |                         |         |  |      |  |      |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 16**

Η ακτίνα καμπυλότητας, εάν δεν διευκρινίζεται διαφορετικά, μετρούμενη στον άξονα των σωλήνων δεν θα είναι μικρότερη από :

- 2 φορές την εξωτερική διάμετρο για σωλήνες από χαλκό και κράματα χαλκού
- 3 φορές την εξωτερική διάμετρο για χαλύβδινες σωλήνες εν ψυχρώ.
- σε περίπτωση που δεν είναι γνωστή η ακτίνα καμπυλότητας, λαμβάνεται  $b = \frac{t_0}{10}$ .

### **Κριτήρια αποδοχής**

α) οι σωλήνες πρέπει να καμπυλώνονται έτσι ώστε σε κάθε εγκάρσια διατομή η διαφορά μεταξύ της μέγιστης διαμέτρου και της ελάχιστης διαμέτρου μετά την καμπυλότητα δεν θα είναι μεγαλύτερη από 10% της μέσης διαμέτρου. Τιμές μεγαλύτερες αλλά όχι πάνω από 15% είναι επιτρεπτές στην περίπτωση σωλήνων που κατά τη λειτουργία δεν υπόκεινται σε σημαντικές καμπτικές ροπές που προκύπτουν από διαστολή ή θερμική συστολή.

β) η καμπυλότητα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το βάθος των πτυχώσεων να είναι το ελάχιστο δυνατό και να μην είναι μεγαλύτερο από 5% του μήκους των πτυχώσεων αυτών.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ**: στη σχέση υπολογισμού του πάχους τοιχώματος όταν πρόκειται για ευθύ σωλήνα είναι  $b = 0$ .

$a$  = συντελεστής με τον οποίο λαμβάνεται υπ' όψιν το ποσοστό αρνητικής αντοχής της κατασκευής και είναι :

= 10 για σωλήνες από χαλκό και κράματα χαλκού, για χαλύβδινες σωλήνες χωρίς ραφή κατασκευασμένες εν ψυχρώ και σωλήνες συγκολλητές σύμφωνα με προδιαγραφές Νηογνώμονα.

= 12,5 για σωλήνες χωρίς ραφή κατασκευασμένες εν θερμώ.

### **Πίεση υδραυλικής δοκιμής**

Μετά το πέρας της κατασκευής των διαφόρων δικτύων πάνω στο πλοίο, απαιτείται και διενεργείται υδραυλική δοκιμή όταν η πίεση υπολογισμού είναι μεγαλύτερη από 3,5 bar.

Όταν η θερμοκρασία υπολογισμού δεν υπερβαίνει τους 300 °C, η πίεση υδραυλικής δοκιμής λαμβάνεται μεγαλύτερη κατά 50% της πίεσης υπολογισμού :

$$P_{\text{δοκιμής}} = 1,5 \times P_{\text{υπολογισμού}}$$

Όταν η θερμοκρασία υπολογισμού υπερβαίνει τους 300 °C, η πίεση υδραυλικής δοκιμής λαμβάνεται :

A) **για ανθρακούχους γάλυβες και για ανθρακομαγνητούχους γάλυβες** :

$$P_{\text{δοκιμής}} = 2,0 \times P_{\text{υπολογισμού}}$$

Β) για γάλυβες μικρής περιεκτικότητας σε άλλα μέταλλα η πίεση υδραυλικής δοκιμής λαμβάνεται :

$$P_{\text{δοκιμής}} = 1,5 \times \frac{\sigma_{z100}}{\sigma_z} \times P_{\text{υπολογισμού}} , \text{ όπου :}$$

$\sigma_{z100}$  = επιτρεπόμενη τάση , σε  $\left( \frac{N}{mm^2} \right)$  , στους 100 °C , από πίνακα 12, σελίδα 55

$\sigma_z$  = επιτρεπόμενη τάση , σε  $\left( \frac{N}{mm^2} \right)$  , στην θερμοκρασία υπολογισμού , από πίνακα 12, σελίδα 55

Γ) Για σωλήνες τροφοδοτικού νερού : η πίεση υδραυλικής δοκιμής λαμβάνεται :

$P_{\text{δοκιμής}} = 1,25 \times P_{\text{υπολογισμού του λέβητα}}$  , ή τη μέγιστη πίεση που μπορεί να αναπτυχθεί στους σωλήνες τροφοδοτικού νερού , όποια από τις δύο είναι μεγαλύτερη.

Δ) Για σωλήνες υπέρθερμου ατμού : η πίεση υδραυλικής δοκιμής λαμβάνεται ίση με την πίεση ασφαλιστικών του λέβητα η οποία συνήθως είναι τουλάχιστον 3% της πίεσης λειτουργίας του λέβητα.



**ΠΙΝΑΚΑΣ DIN 2448**

| Aufwendendurchmesser Grundröhre<br>mm | Ergänzungsröhren<br>mm | Norminaldrücke <sup>1)</sup><br>Zoll<br>mm | Gewicht<br>kg/m | Sonstige Wanddicken Zoll (Speicher als Norminaldrücke) |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | Aufwendendurchmesser<br>mm<br>Zoll | Geeignete Rohrdrücke nach DIN 2448 und DIN 2449 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|---------------------------------------|------------------------|--|-----------------|--|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|------------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|                                       |                        |  |                 | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |                                    |   | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98  |
| 10 2 1/8                              |                        | 14   | 0,24            | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14                                 | 15  | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |

Diese Norm nimmt hinsichtlich — mit Ausnahme der Ergänzungsrohre — voll überein mit der ISO-Empfehlung R 336, siehe Erläuterungen.  
 Bezeichnung eines nichtlosen Stahlrohres von 160,3 mm Außendurchmesser und 4,5 mm Wandstärke aus S 355  
 Rohr 160,3 X 4,5 DIN 2448 # S 355

ΠΙΝΑΚΑΣ DIN 2448.  
 Προτυπωμένα παχύς  
 Nähtlose Stahlrohre  
 Maße und Gewichte  
 DIN 2448

Seamless steel tubes, dimensions and weights  
 2448

<sup>1)</sup> Diese Außendurchmesser entsprechen bei 139,7 mm dem Bohren mit Gewinde nach ISO-Empfehlung R 7, ab 160,3 mm dem Bohren mit Gewinde nach AS 4 B 21, API Std 5 A, API Std 5 L oder API Std 5 L X (ohne Gewinde).  
<sup>2)</sup> Die Normalkonditionen entsprechen bei der Abmessung 30 x 26,317 x 26 und 41 x 10 den Wanddicken der ISO 134, Zuständigkeit über die ISO 131 hinausgehende Wanddicken sind einbringend erweiterbar. Rohre mit Norminaldrücke sind in der Regel ab Lager lieferbar.  
<sup>3)</sup> Mindestwandstärke siehe DIN 2440

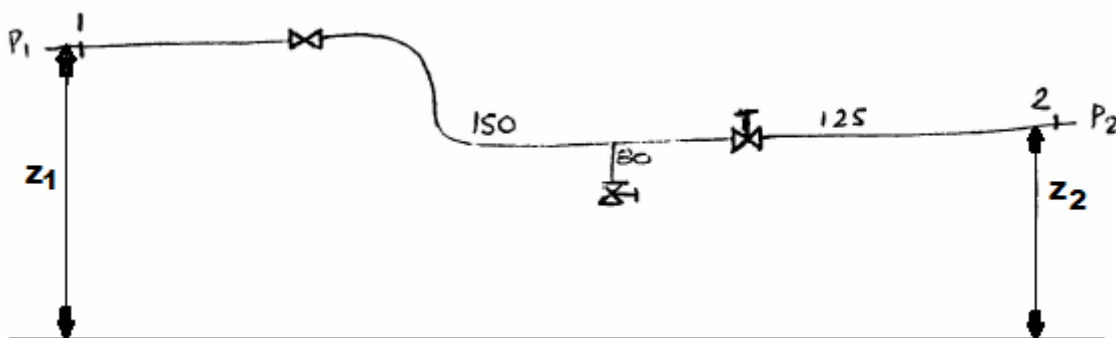
Die Ergänzungsrohre, insbesondere die eingetragenen Größen, sind möglichst zu vermeiden.  
 Werkstoff: St 355 nach DIN 1729 Blatt 1 bis Blatt 4 oder DIN 17175  
 Technische Lieferbedingungen siehe: DIN 1729 Blatt 1 bis Blatt 4 oder DIN 17175  
 Erläuterungen Seite 2

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Υπολογισμός απωλειών πίεσης

Η ροή μέσα σε σωληνώσεις συνεπάγεται απώλειες πιέσως. Αυτές οι απώλειες πρέπει να υπολογίζονται για να ελέγχεται εάν είναι υψηλές και απαιτείται αύξηση της διαμέτρου ή θέρμανση του ρευστού (για να μειωθούν οι απώλειες). Επίσης πρέπει να είναι γνωστές για να εκλεγεί κατάλληλα η αντλία ώστε με το ολικό ύψος να τις υπερκαλύπτει.

Μεταξύ δύο σημείων (1) και (2) ενός δικτύου στο οποίο κυκλοφορεί ρευστό σταθερής πυκνότητας  $\rho$ , οι απώλειες πιέσεως  $\Delta P_{12}$  ορίζονται από την σχέση του BERNOULLI:



$$\frac{W_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + z_1 = \frac{W_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{\Delta P_{12}}{\rho g} = H_0$$

$H_0$  = ολική ενέργεια του ρευστού ως ύψος στήλης από ρευστό πυκνότητας  $\rho$  (το  $H_0$  σε m).

$\Delta P_{12}$  = απώλειες πιέσεως μεταξύ 1 και 2, σε  $N/m^2$ .

Οι απώλειες πιέσεως δίδονται από την παρακάτω σχέση:

$$\Delta P_{12} = \Delta P_{r12} + \Delta P_{z12}$$

όπου

$\Delta P_{r12}$  = απώλειες λόγω τριβών

$\Delta P_{z12}$  = απώλειες λόγω πρόσθετης αντίστασης των διαφόρων εξαρτημάτων.

1. Απώλειες λόγω τριβών

$$\Delta P_{12} = \lambda \cdot \frac{\ell_{12}}{d} \cdot \frac{\rho W^2}{2}$$

$\ell_{12}$  = συνολικό πραγματικό μήκος της σωληνώσεως μεταξύ των σημείων 1 και 2: το μήκος αυτό περιλαμβάνει και τα μήκη των διαφόρων εξαρτημάτων.

= εσωτερική διάμετρος του σωλήνα.

$\lambda$  = συντελεστής τριβής που εξαρτάται από τον αριθμό REYNOLDS και από την σχετική τραχύτητα του σωλήνα.

Για αγωγούς κυκλικής διατομής:

$$Re = \frac{w d}{\nu} = \frac{w d \rho}{\mu}$$

Για αγωγούς που δεν έχουν κυκλική διατομή:

$$Re = \frac{w \cdot d_{\text{ισδ.}}}{\nu} \quad \text{όπου η ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ είναι}$$

όπου:

A = διατομή αγωγού,

U = μήκος της περιβρεχομένης περιφέρειας της διατομής

- Όταν  $Re < 2320$ , η ροή είναι στρωτή και

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

- Όταν  $Re > 2320$ , η ροή είναι τυρβώδης και ο συντελεστής τριβής  $\lambda$  δίδεται από το διάγραμμα του MOODY και εξαρτάται, εκτός από τον  $Re$ , και από την σχετική τραχύτητα του σωλήνα ( $\epsilon/d$ ).

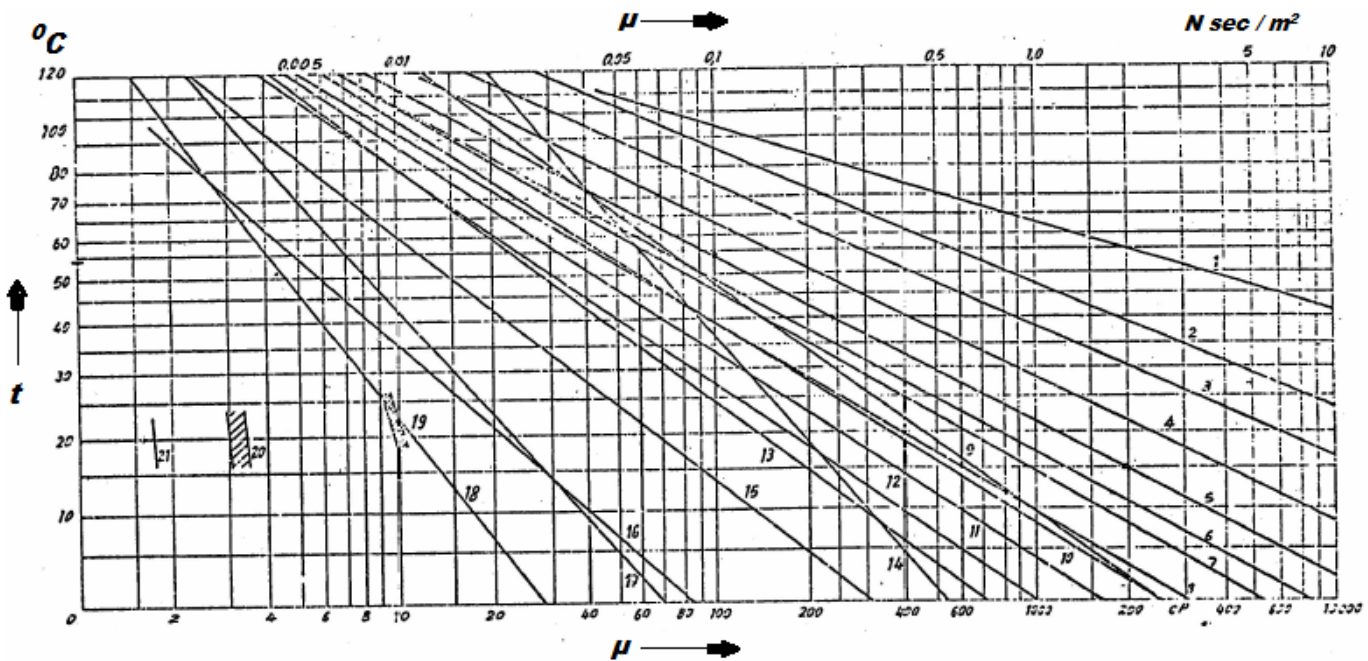
Στα δίκτυα πλοίων χρησιμοποιούνται καλυβδοσωλήνες των οποίων η τραχύτητα  $\epsilon$ :  $0,10 < \epsilon < 0,20\text{mm}$ .

Για καύσιμα και πετρέλαια που αποτελούν συνηθισμένο φορτίο για δεξαμενόπλοια και των οποίων η πυκνότητα σε  $t=20^\circ\text{C}$  κυμαίνεται μεταξύ  $840\text{kg/m}^3$  και  $980\text{kg/cm}^3$ , η πυκνότητα μπορεί να υπολογισθεί κατά προσέγγιση από την:

$$\rho_t = \rho_{20} - 0,71 \cdot (t - 20)$$



Δυναμικό ιξώδες λιπαντικών ελαίων και καυσίμων



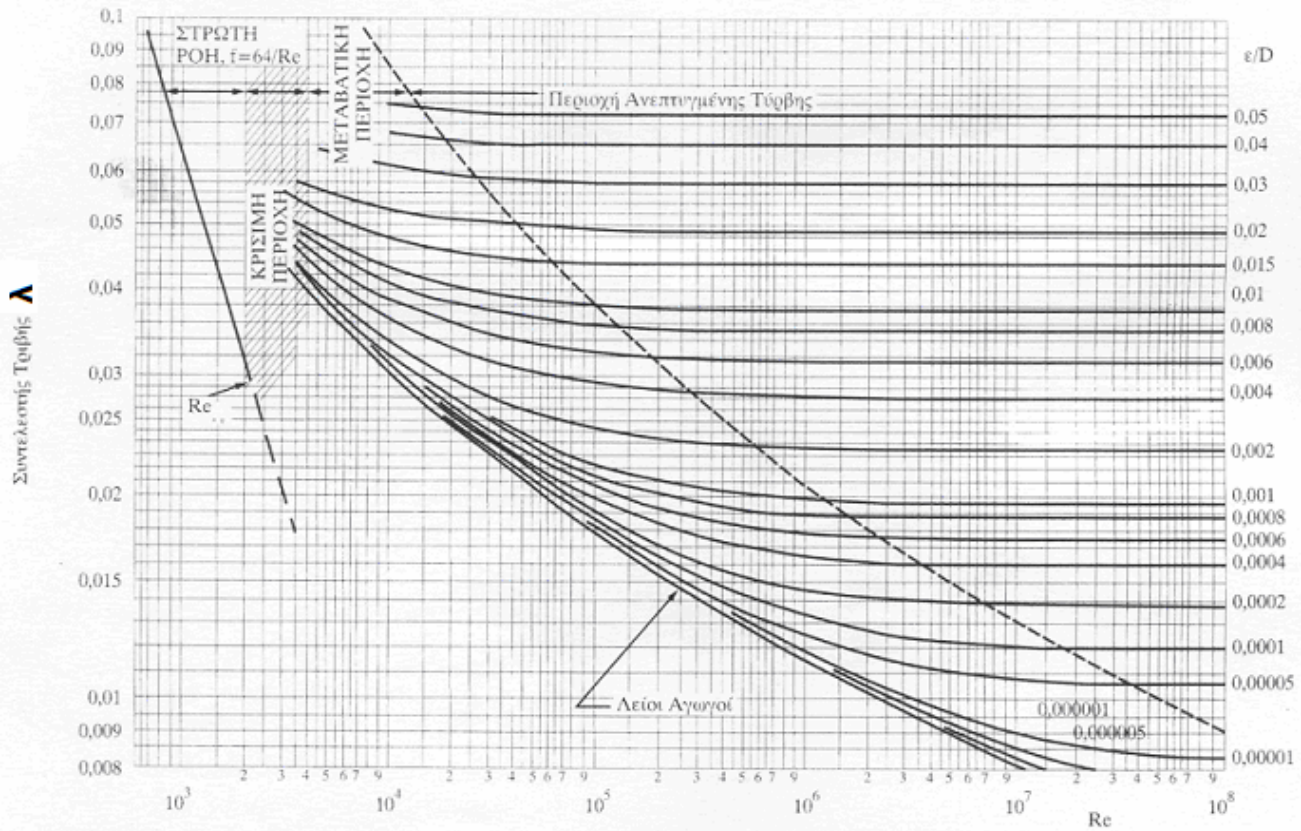
Υπόμνημα διαγράμματος :

- |  |  |
|--|--|
| <u>1.</u> πολύ παχύρευστο πετρέλαιο $\rho_{20} = 0,98 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                | <u>2.</u> κυλινδρέλαιο υπέρθερμου ατμού = $0,926 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$   |
| <u>3.</u> κυλινδρέλαιο κεκορεσμένου ατμού = $0,940 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                   | <u>4.</u> λάδι μειωτήρων υψηλής πίεσης = $0,935 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$    |
| <u>5.</u> παχύρευστο πετρέλαιο , λάδι μειωτήρων μέσης πίεσης = $0,95 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$ |  |
| <u>6.</u> λάδι μειωτήρων = $0,920 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                                    | <u>7.</u> λάδι κινητήρων εσωτερικής καύσεως $0,908 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$ |
| <u>8.</u> πετρέλαιο μέσης ρευστότητας , λιπαντικό λάδι 368 = $0,950 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$  | <u>9.</u> Si – λάδι = $1,110 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                       |
| <u>10.</u> λάδι κινητήρων εσωτερικής καύσεως $0,907 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                  | <u>11.</u> λιπαντικό λάδι R49 = $0,912 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$             |
| <u>12.</u> λιπαντικό λάδι R33 = $0,905 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                               | <u>13.</u> λάδι στροβίλων = $0,590 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                 |
| <u>14.</u> Si – λάδι = $1,060 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$  | <u>15.</u> λιπαντικό λάδι R16 = $0,903 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$             |
| <u>16.</u> λεπτόρευστο πετρέλαιο = $0,930 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                            | <u>17.</u> λιπαντικό λάδι R3 = $0,890 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$              |
| <u>18.</u> λιπαντικό λάδι R4 = $0,970 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                                | <u>19.</u> καύσιμο κινητήρων Diesel DK = $0,880 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$    |
| <u>20.</u> καύσιμο κινητήρων Diesel DKM = $0,890 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                     | <u>21.</u> βενζίνη = $0,800 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$                        |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17**

Στο διάγραμμα της επόμενης σελίδας , στον ΠΙΝΑΚΑ 17 α , παρουσιάζεται το διάγραμμα MOODY με το οποίο μπορεί να υπολογιστεί η τιμή του λ (συντελεστής τριβής για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών στη σχέση 1. της σελίδας 62)

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ MOODY



| Υλικό                       | $\epsilon$ (in) | $\epsilon$ (ft) | $\epsilon$ (cm) | $\epsilon$ (m)     |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Εμπορικός χάλυβας ή σίδηρος | 0,0018          | 0,00015         | 0,0046          | 0,000046           |
| Ασφαλτωμένος χυτοσίδηρος    | 0,0048          | 0,0004          | 0,012           | 0,00012            |
| Σίδηρος γαλβανιζέ           | 0,006           | 0,0005          | 0,0152          | 0,000152           |
| Χυτοσίδηρος                 | 0,0102          | 0,00085         | 0,0259          | 0,000259           |
| Λείο ξύλο                   | 0,0072 - 0,036  | 0,0006 - 0,003  | 0,0183 - 0,091  | 0,000183 - 0,00091 |
| Χάλυβας με ηλώσεις          | 0,036-0,36      | 0,003-0,03      | 0,091-0,91      | 0,00091-0,0091     |
| Σκυρόδεμα                   | 0,012-0,12      | 0,001-0,01      | 0,03-0,3        | 0,0003-0,003       |
| Εξηλασμένοι σωλήνες         | 0,00006         | 0,000005        | 0,00015         | 0,0000015          |

**ΠΙΝΑΚΑ 17 α**

2. Απώλειες λόγω πρόσθετης αντιστάσεως των διαφόρων εξαρτημάτων:

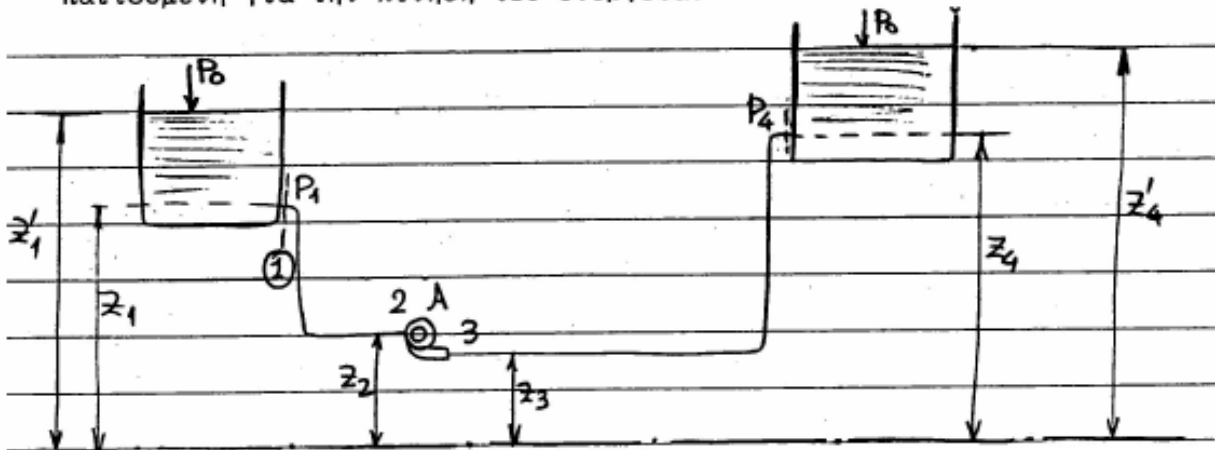
$$\Delta P_2 = f_2 \cdot \frac{\rho W^2}{2} \dots \dots \dots \text{για ένα εξάρτημα}$$

$$\Delta P_{2_{12}} = \sum_{i=1}^n f_{2_i} \cdot \frac{\rho W^2}{2} \dots \dots \text{για περισσότερα εξαρτήματα}$$

$\eta$  = συνολικός αριθμός των διαφόρων εξαρτημάτων μεταξύ των σημείων 1 και 2 (εξαρτήματα όπως καμπύλες, επιστόμια, φίλτρα, διακλαδώσεις κ.λ.π.).

ΑΝΤΛΙΑ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ.

Μία αντλία παρεμβάλλεται στο δίκτυο και δίνει στο ρευστό την απαιτούμενη για την κίνησή του ενέργεια.



Εάν  $W_1=W_4$  (δηλαδή  $d_1=d_4$ ) τότε

$$\frac{P_{23}}{\rho g} = \frac{P_4 - P_1}{\rho g} + (z_4 - z_1) + \frac{\Delta P_{12} + \Delta P_{34}}{\rho g}$$

Εάν ακόμη  $P_1=P_2=P_0$  = ατμοσφαιρική πίεση, τότε

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_0}{\rho g} + z'_1 &= \frac{P_1}{\rho g} + z_1 \\ \frac{P_0}{\rho g} + z'_4 &= \frac{P_4}{\rho g} + z_4 \end{aligned} \right\} \frac{P_{23}}{\rho g} = (z'_4 - z'_1) + \frac{\Delta P_{12} + \Delta P_{34}}{\rho g}$$

Το μέγεθος  $P_{23}/\rho g$  είναι η ενέργεια που πρέπει να δοθεί στο ρευστό, είναι δηλαδή το ολικό ύψος της αντλίας:  $H_a = P_{23}/\rho g$ .

Συνεργασία αντλίας – δικτύου

Το μέγεθος  $P_{23}/\rho g$  είναι η ολική ενέργεια που πρέπει να μεταβιβασθεί στο ρευστό κατά τις θέσεις (2) και (3) για να κινηθεί αυτό από το (1) στο (4). Το μέγεθος αυτό είναι συνάρτηση της ταχύτητας ή της παροχής μέσα στους σωλήνες και αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο του δικτύου, δηλαδή:

$$H_f = \frac{P_{23}}{\rho g}$$

για  $w_1 = w_4$

$$H_f = \frac{P_4 - P_1}{\rho g} + (z_4 - z_1) = h_f$$

Εάν  $w_1 = \frac{Q}{A_1}$  και  $w_2 = \frac{Q}{A_2}$ , τότε

$$H_f = h_f + \left[ \left( \frac{1}{A_4^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) \frac{Q^2}{2g} + \left( \lambda_1 \frac{l_{12}}{d_1} + \sum_{i=1}^n f_{2,i} \right) \frac{Q^2}{2g A_1^2} + \left( \lambda_4 \frac{l_{34}}{d_4} + \sum_{i=1}^m f_{2,i} \right) \frac{Q^2}{2g A_4^2} \right]$$

και εάν θέσουμε  $= J_{14}$

τότε η καμπύλη που προκύπτει από την παρακάτω σχέση

$$H_f = h_f + J_{14} \cdot Q^2$$

είναι η ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.

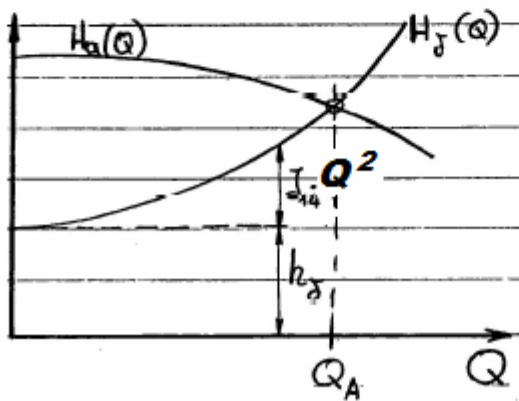
Για μόνιμη λειτουργία, πρέπει το ολικό ύψος της αντλίας- $H_a$  και η ολική ενέργεια που απαιτείται από το δίκτυο να ισοούνται:

$$H_a = H_\delta$$

όπου  $H_a = H_a(Q)$  ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑΣ

Η μόνιμη λειτουργία αντλίας - δικτύου πραγματοποιείται για μία τιμή της παροχής  $Q_A$  που ικανοποιεί την σχέση  $H_a = H_\delta$ .

Το ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (A) βρίσκεται ως τομή των χαρακτηριστικών της αντλίας και του δικτύου.



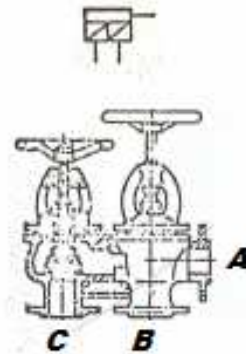
Στην εξίσωση ενέργειας η οποία δίνει την χαρακτηριστική του δικτύου, περιλαμβάνονται οι γραμμικές και οι τοπικές απώλειες ενέργειας.

Στους επόμενους πίνακες 18, 19, 20, 21 δίδονται οι μέσες τιμές του  $\zeta_Z$  για διάφορα εξαρτήματα.



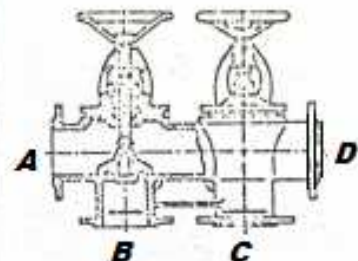
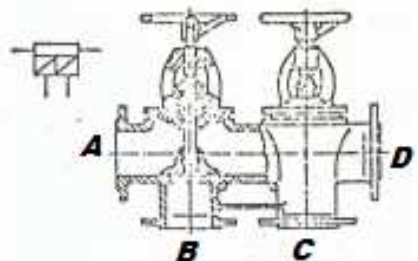
**Μέσες τιμές του συντελεστή πρόσθετων απωλειών  $\zeta_Z$  για κιβώτια δύο επιστομιών**

| Όνομαστική διάμετρος | Κατεύθυνση ροής | Ροή δια περιουρηγίου Β υπό δίσκο | Ροή δια περιουρηγίου Β επί δίσκου | Ροή δια περιουρηγίου Γ υπό δίσκο | Ροή δια περιουρηγίου Γ επί δίσκου |
|----------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 50                   | A → B           | —                                | 3,2                               | —                                | —                                 |
| 65                   |                 | —                                | 3,3                               | —                                | —                                 |
| 100                  |                 | —                                | 2,6                               | —                                | —                                 |
| 150                  |                 | —                                | 2,2                               | —                                | —                                 |
| 50                   | A → C           | —                                | —                                 | —                                | 4,2                               |
| 65                   |                 | —                                | —                                 | —                                | 4,3                               |
| 100                  |                 | —                                | —                                 | —                                | 3,6                               |
| 150                  |                 | —                                | —                                 | —                                | 3,0                               |
| 50                   | A → BC          | —                                | 4,2                               | —                                | 2,9                               |
| 65                   |                 | —                                | 4,3                               | —                                | 3                                 |
| 100                  |                 | —                                | 3,5                               | —                                | 2,6                               |
| 150                  |                 | —                                | 3                                 | —                                | 2                                 |
| 50                   | B → A           | 2                                | —                                 | —                                | —                                 |
| 65                   |                 | 2,6                              | —                                 | —                                | —                                 |
| 100                  |                 | 2,3                              | —                                 | —                                | —                                 |
| 150                  |                 | 2                                | —                                 | —                                | —                                 |
| 50                   | C → A           | —                                | —                                 | 2,9                              | —                                 |
| 65                   |                 | —                                | —                                 | 3,5                              | —                                 |
| 100                  |                 | —                                | —                                 | 3,2                              | —                                 |
| 150                  |                 | —                                | —                                 | 3                                | —                                 |
| 50                   | BC → A          | 2,7                              | —                                 | 2                                | —                                 |
| 65                   |                 | 3,3                              | —                                 | 2,5                              | —                                 |
| 100                  |                 | 3                                | —                                 | 2,2                              | —                                 |
| 150                  |                 | 2,7                              | —                                 | 2                                | —                                 |



**Μέσες τιμές του συντελεστή πρόσθετων απωλειών  $\zeta_Z$  για κιβώτια δύο επιστομιών (και για κιβώτια με επιστόμια μη επιστροφής)**

| Όνομαστική διάμετρος | Κατεύθυνση ροής | Ροή δια περιουρηγίου Β υπό δίσκο | Ροή δια περιουρηγίου Β επί δίσκου | Ροή δια περιουρηγίου Γ υπό δίσκο | Ροή δια περιουρηγίου Γ επί δίσκου | Ροή δια περιουρηγίου D |
|----------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 50                   | A → D           | —                                | —                                 | —                                | —                                 | 3,4                    |
| 65                   |                 | —                                | —                                 | —                                | —                                 | 2,6                    |
| 80                   |                 | —                                | —                                 | —                                | —                                 | 1,8                    |
| 100                  |                 | —                                | —                                 | —                                | —                                 | 1,7                    |
| 125                  |                 | —                                | —                                 | —                                | —                                 | 1,6                    |
| 50                   | A → DB          | —                                | 4,1                               | —                                | —                                 | 2,2                    |
| 65                   |                 | —                                | 3,9                               | —                                | —                                 | 1,5                    |
| 80                   |                 | —                                | 3,7                               | —                                | —                                 | 1,1                    |
| 100                  |                 | —                                | 3                                 | —                                | —                                 | 1                      |
| 125                  |                 | —                                | 3,1                               | —                                | —                                 | 1                      |
| 50                   | A → DC          | —                                | —                                 | —                                | 4,2                               | 4,5                    |
| 65                   |                 | —                                | —                                 | —                                | 7                                 | 3,2                    |
| 80                   |                 | —                                | —                                 | —                                | 2,7                               | 5,0                    |
| 100                  |                 | —                                | —                                 | —                                | 6                                 | 4,5                    |
| 125                  |                 | —                                | —                                 | —                                | 6,1                               | 4,5                    |
| 50                   | BD → A          | 3,1                              | —                                 | —                                | —                                 | 2,2                    |
| 65                   |                 | 2,9                              | —                                 | —                                | —                                 | 1,6                    |
| 80                   |                 | 2,7                              | —                                 | —                                | —                                 | 1,1                    |
| 100                  |                 | 2,6                              | —                                 | —                                | —                                 | 1,1                    |
| 125                  |                 | 2,6                              | —                                 | —                                | —                                 | 1                      |
| 50                   | CD → A          | —                                | —                                 | 4,8                              | —                                 | 4,2                    |
| 65                   |                 | —                                | —                                 | 5,2                              | —                                 | 4,5                    |
| 80                   |                 | —                                | —                                 | 5,6                              | —                                 | 4,7                    |
| 100                  |                 | —                                | —                                 | 5,3                              | —                                 | 4,2                    |
| 125                  |                 | —                                | —                                 | 5,3                              | —                                 | 3                      |
| 50                   | BCD → A         | 3,7                              | —                                 | 3,5                              | —                                 | 3                      |
| 65                   |                 | 4,2                              | —                                 | 4                                | —                                 | 3,3                    |
| 80                   |                 | 4,7                              | —                                 | 4,5                              | —                                 | 3,8                    |
| 100                  |                 | 4,5                              | —                                 | 4,1                              | —                                 | 3,5                    |
| 125                  |                 | 4,3                              | —                                 | 4                                | —                                 | 3,2                    |

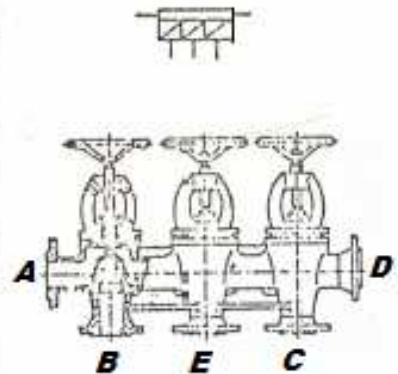


Για κιβώτια επιστομιών εναλλαγής, ο τιμές του  $\zeta_Z$  αυξάνονται κατά 10 %.

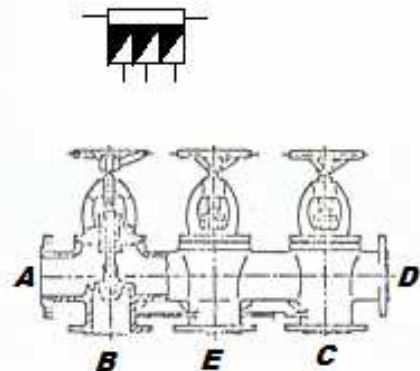
**ΠΙΝΑΚΑΣ 18**

**Μέσες τιμές του συντελεστή πρόσθετων απωλειών ζ Z για κιβώτια τριών επιστομιών (ισχύουν και για κιβώτια με επιστόμια μη επιστροφής)**

| Όνομαστικό διάμετρος | Κατεύθυνση ροής | Ροή δια περιστροφικού χιμίου Β επί δίκου | Ροή δια περιστροφικού χιμίου Γ επί δίκου | Ροή δια περιστροφικού χιμίου C επί δίκου | Ροή δια περιστροφικού χιμίου D |
|----------------------|-----------------|--|--|--|--------------------------------|
| 50                   | A → D           | —  | —  | —  | 3,0                            |
| 80                   |                 | —  | —  | —  | 1,8                            |
| 100                  |                 | —  | —  | —  | 1,7                            |
| 150                  |                 | —  | —  | —  | 1,6                            |
| 50                   | A → DB          | 4,1                                      | —  | —  | 2,2                            |
| 80                   |                 | 3,7                                      | —  | —  | 1,1                            |
| 100                  |                 | 3  | —  | —  | 1                              |
| 150                  |                 | 2,7                                      | —  | —  | 0,9                            |
| 50                   | A → DE          | —  | 6,2                                      | —  | 4,6                            |
| 80                   |                 | —  | 7,2                                      | —  | 5                              |
| 100                  |                 | —  | 6  | —  | 4,5                            |
| 150                  |                 | —  | 5,4                                      | —  | 4,0                            |
| 50                   | A → DC          | —  | —  | 9,7                                      | 7,2                            |
| 80                   |                 | —  | —  | 8,2                                      | 7,7                            |
| 100                  |                 | —  | —  | 8  | 7,5                            |
| 150                  |                 | —  | —  | 7,6                                      | 7,3                            |
| 50                   | A → DBE         | 5  | 5,5                                      | —  | 3                              |
| 80                   |                 | 7,6                                      | 8,3                                      | —  | 3,8                            |
| 100                  |                 | 6,3                                      | 7,2                                      | —  | 3,5                            |
| 150                  |                 | 6,0                                      | 6,5                                      | —  | 3,2                            |
| 50                   | A → DEC         | —  | 10                                       | 13,5                                     | 9,6                            |
| 80                   |                 | —  | 13,5                                     | 12                                       | 9                              |
| 100                  |                 | —  | 11                                       | 10                                       | 9                              |
| 150                  |                 | —  | 10                                       | 8  | 9                              |
| 50                   | A → BECD        | 5,7                                      | 5,3                                      | 6,6                                      | 6,2                            |
| 80                   |                 | 5,8                                      | 8,4                                      | 5,9                                      | 7,8                            |
| 100                  |                 | 5,5                                      | 7,2                                      | 5,5                                      | 7,5                            |
| 150                  |                 | 5,3                                      | 7,9                                      | 5,0                                      | 7,2                            |



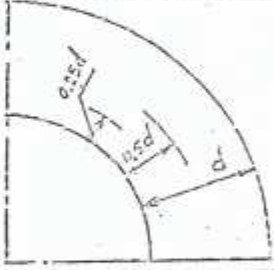
| Όνομαστικό διάμετρος | Κατεύθυνση ροής | Ροή δια δίκου υπό Επικον χιμίου Β | Ροή δια περιστροφικού χιμίου E υπό δίκου | Ροή δια περιστροφικού χιμίου C υπό δίκου | Ροή δια περιστροφικού χιμίου D |
|----------------------|-----------------|-----------------------------------|--|--|--------------------------------|
| 50                   | BD → A          | 2,1                               | —  | —  | 2,7                            |
| 80                   |                 | 2,7                               | —  | —  | 1,5                            |
| 100                  |                 | 2,6                               | —  | —  | 1,3                            |
| 150                  |                 | 2,5                               | —  | —  | 1,2                            |
| 50                   | ED → A          | —                                 | 4,8                                      | —  | 6,3                            |
| 80                   |                 | 5,6                               | —  | —  | 5,7                            |
| 100                  |                 | 5,3                               | —  | —  | 4,2                            |
| 150                  |                 | 5                                 | —  | —  | 3,5                            |
| 50                   | CD → A          | —                                 | —  | 5,7                                      | 7,2                            |
| 80                   |                 | —                                 | —  | 4,2                                      | 7,7                            |
| 100                  |                 | —                                 | —  | 4  | 7,5                            |
| 150                  |                 | —                                 | —  | 3,9                                      | 7,5                            |
| 50                   | BED → A         | 3,7                               | 3,5                                      | —  | 3,1                            |
| 80                   |                 | 4,7                               | 4,5                                      | —  | 5,7                            |
| 100                  |                 | 4,5                               | 4,1                                      | —  | 5,3                            |
| 150                  |                 | 4,3                               | 4,0                                      | —  | 5,3                            |
| 50                   | ICD → A         | —                                 | 7  | 8  | 6                              |
| 80                   |                 | —                                 | 8  | 7,5                                      | 6,7                            |
| 100                  |                 | —                                 | 7,8                                      | 7  | 6,5                            |
| 150                  |                 | —                                 | 7  | 7  | 6,5                            |
| 50                   | BECD → A        | 4,7                               | 4,8                                      | 5,4                                      | 6,2                            |
| 80                   |                 | 4,8                               | 6,4                                      | 4,9                                      | 7,8                            |
| 100                  |                 | 4,5                               | 5,2                                      | 4,5                                      | 7,5                            |
| 150                  |                 | 4,3                               | 4,6                                      | 4,3                                      | 7,3                            |



Για κιβώτια επιστομιών εναλλαγής οι τιμές του ζ αυξάνονται κατά 10 %

**ΠΙΝΑΚΑΣ 19**

**Μέσες τιμές του συντελεστή πρόσθετων αντιστάσεων ζ<sub>2</sub>**

| Καμπύλες 90°  | Λείες                                   | ΜΕ ΠΤΥΧΩΣΕΙΣ                                  | Κυματοειδείς     | Από συγκολλητά κομμάτια | Χυτές     |
|---|---|---|------------------|-------------------------|-----------|
| Κ= 3+10   |   |   |                  |                         |           |
| = d   | 0,51                                    |   |                  | 0,30                    | 1,3 - 2,2 |
| = 2d  | 0,30                                    | 0,8   | 1,6              | 0,24                    |           |
| = 3d  | 0,27                                    | 0,7   | 1,4              |                         |           |
| = 4d  | 0,23                                    | 0,4   | 0,8              |                         |           |
| = 5d  | 0,21                                    | 0,3   | 0,6              |                         |           |
| = 6d  | 0,18                                    |   |                  |                         |           |
| = 10d   | 0,20                                    |   |                  |                         |           |
| <b>Καμπύλες 60°=80%</b> τών παραπάνω τμηών  |   | <b>Καμπύλες 30°=45%</b> τών παραπάνω τμηών    |                  |                         |           |
| <b>Καμπύλες 45°=65%</b> τών παραπάνω τμηών  |   | <b>Καμπύλες 15°=20%</b> τών παραπάνω τμηών    |                  |                         |           |
| Καμπύλες με όδηγά πτερύγια  |   |   |                  |                         |           |
| Ένα (σε 0,5<br>έσωτ. από<br>έσωτ. πλ.)  | Ένα (σε 0,25<br>διαμ. από<br>έσωτ. πλ.) | Δύο (σε 0,5 &<br>0,25 διαμ. από<br>έσωτ. πλ.) |                  |                         |           |
| 0,21  | 0,2                                     | 0,17  |                  |                         |           |
|  |   |   |                  |                         |           |
| άντ/στίς σχήματος Ω :   |   | λετός 0,7                                     | μέ πτυχώσεις 2,2 | κυματοειδής 4,4         |           |
| άντ/στίς σχήματος U :   |   | " 0,5   | " " 1,6          | " 3,2                   |           |
| Ευκαίματος μεταλλικός σωλήνας με δύο καμπύλες                                       |   |   |                  | 0,7 - 0,9               |           |
| Εξισωτής όλισθήσεως, χωρίς αντίσταθμιση   |   |   |                  | 0,21                    |           |
| Εξισωτής όλισθήσεως με αντίσταθμιση   |   |   |                  | 0,6                     |           |
| Αποχωριστής νερού χωρίς διάφραγμα ανάκοπης  |   |   |                  | 4 - 6                   |           |
| " " με διάφραγμα ανάκοπης   |   |   |                  | 7 - 12                  |           |
| Χενόρο φίλτρο   |   |   |                  | 8 - 10                  |           |
| Φίλτρο άναρροφήσεως   |   |   |                  | 0,3 - 0,4               |           |
| Φίλτρο άναρροφήσεως με ποτήρι   |   |   |                  | 8,5 - 9                 |           |
| Εξοοός σε κιβώτιο άναρροφήσεως θάλασσας   |   |   |                  | 1,2 - 1,5               |           |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 20**

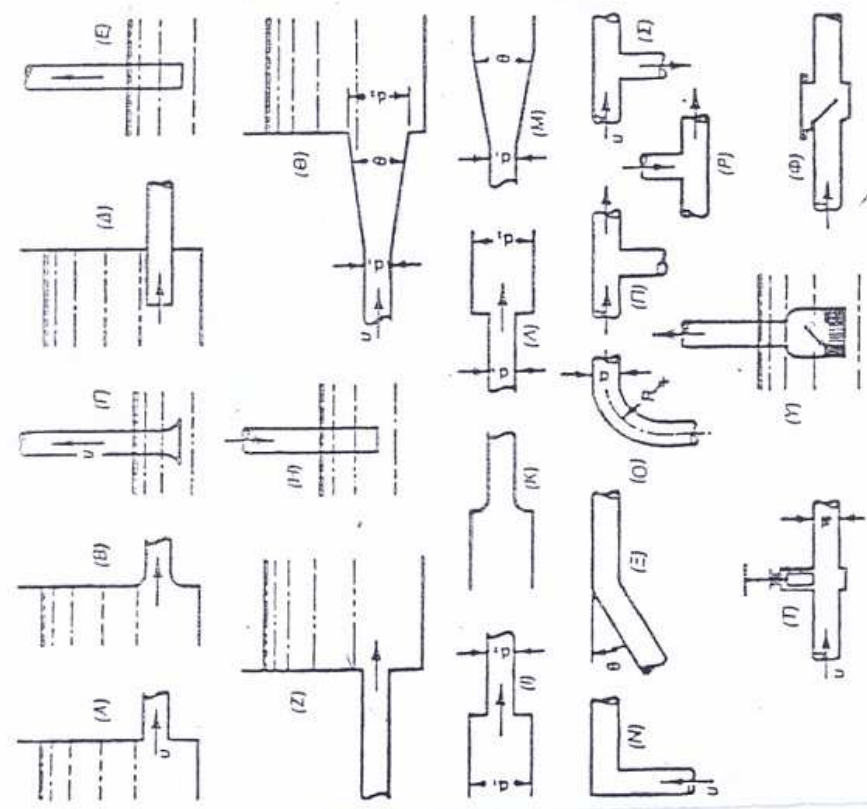


**ΤΟΠΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ**

| Συμβολισμός  | Περιγραφή                                  | Συντελεστής Κ  |
|--|--|--|
| Συντελεστής απωλειών στον τύπο $h_f = K \frac{v^{*2}}{2g}$ |  |  |
| Α  | Είσοδος υγρού σε σωλήνα                    | 0.5  |
| Β  | Επιστόμιο με οξεία γωνία                   | 0.05   |
| Γ  | Επιστόμιο με στρογγυλεμένη γωνία           | 0.05-0.10  |
| Δ  | Σωλήνας αναρροφήσεως με κωδωνοειδές χείλος | 0.9 - 1.0  |
| Ε  | Εισαγωγή αναρροφήσεως με επίπεδο χείλος    | 0.9  |
| Ζ, Η   | Σε διεγερμένη                              | $\xi_0$  |
| Θ  | Βαθμιαία διάνυση                           | Γωνία $\theta$ : 40°-20°-10°<br>(ο λόγος $D_2/D_1$ μεγαλύτερος του 2) Κ: 0.9 0.5 0.2 |
| Ι  | Απότομη στένωση                            | $d_2/d_1$ : 0.2 0.4 0.6 0.8<br>Κ: 0.41 0.38 0.30 0.33                                |
| Κ  | Απότομη διάνυση                            | Κ: 0.93 0.70 0.40 0.15   |
| Λ  | Βαθμιαία διάνυση                           | Κ: 0.35 0.20   |
| Μ  | Στρογγυλεμένη στένωση                      | Κ: 0.15 0.10   |
| Ν, Ξ   | Αλλαγή διευθύνσεως                         | Κ: 0.05 - 0.25   |
|  | Γωνία $\Theta = 20^\circ$                  |  |
|  | Γωνία $\Theta = 10^\circ$                  |  |
|  | 90° 60° 45° 22°                            |  |
|  | Κ: 1.2 0.6 0.4 0.15                        |  |
| Ο  | Συνδέσεις                                  | λόγος R/υ 1 2 3 και άνω<br>Κ: 0.7 0.4 0.3  |
| Π  | Κάμψη                                      | 0.25   |
| Ρ  | Ταύ  | 1.2  |
| Σ  | Ταύ  | 1.4  |
| Τ  | Βαλβίδες - Δικλίδες                        |  |
| Υ  | Ολισθαίνουσα δικλίδα (εντελώς ανοικτή)     | 0.1 - 0.2  |
| Φ  | Ποδοβαλβίδα και φίλτρο                     | 2.5 ή μεγαλύτερο   |
|  | Βαλβίδα μη επιστροφής                      | 1.0 ή μεγαλύτερο   |

\*Οι τιμές του συντελεστή Κ είναι προσεγγιστικές και εξαρτώνται από το μέγεθος και την ταχύτητα του σωλήνα, την ταχύτητα ροής, το υλικό κ.α. Αν υπάρχουν δύο διάμετροι, η ταχύτερη αναφέρεται στο σωλήνα με τη μικρότερη διάμετρο.

Αν το υγρό ρέει μέσα από περισσό-τερες συνδέσεις χωρίς την παρεμβολή καθύψιστου σωλήνα, η τιμή του Κ μπορεί να διαφέρει σημαντικά από την τιμή που αναφέρεται στον πίνακα.



Σχ. 3 Στοιχεία της σωληνογραμμής που προκαλούν τοπικές απώλειες

**ΠΙΝΑΚΑΣ 21**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Τάσεις – θερμική διαστολή – ελυγισία σωληνώσεων

Οι σωληνώσεις ενός δικτύου σε λειτουργία υπόκεινται στις παρακάτω καταπονήσεις :

1. τάσεις λόγω του βάρους του σωλήνα και του ρευστού που περιέχεται σε αυτόν : το βάρος του σωλήνα υπολογίζεται από πίνακες σε συνάρτηση με το μέγεθος του σωλήνα . Το βάρος του ρευστού υπολογίζεται από τον όγκο του ρευστού ανά μέτρο μήκους και την πυκνότητα του ρευστού στις συνθήκες λειτουργίας (μέσα στο σωλήνα) . Από τις φορτίσεις αυτές οι δυνάμεις και ροπές που προκύπτουν παραλαμβάνονται από τα στηρίγματα .
2. τάσεις από τη θερμική διαστολή : από τη διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ των σωλήνων και του περιβάλλοντος γύρω από τη σωλήνωση (όπως π.χ. οι σωληνώσεις των δικτύων στο κατάστρωμα ενός πλοίου) , αλλά και από τις μεταβολές της θερμοκρασίας του ρευστού που κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις δικτύων όπως δίκτυα ψύξης ή και δίκτυα ατμού , προκαλούνται συστολές και διαστολές με συνέπεια μεταβολές του μήκους των σωλήνων.

Οι επιπτώσεις θερμικής διαστολής / συστολής , εξαρτώνται από τη διαφορά της θερμοκρασίας , από το σχήμα της σωλήνας και από το είδος των στηριγμάτων.

Για τον υπολογισμό της θερμικής διαστολής σημασία έχουν οι ιδιότητες των υλικών και κυρίως ο **συντελεστής γραμμικής διαστολής  $\alpha$**  καθώς και το **μέτρο ελαστικότητας  $E$** .

Τόσο ο συντελεστής  $\alpha$  όσο και το μέτρο ελαστικότητας  $E$  εξαρτώνται από τη θερμοκρασία.

Λαμβάνοντας σαν βασική θερμοκρασία τους  $20^{\circ}\text{C}$  , ο **πίνακας 21 (σελ. 80)** δίδει τη μέση τιμή του συντελεστή  $\alpha$  μεταξύ των  $20^{\circ}\text{C}$  και οποιασδήποτε άλλης θερμοκρασίας.

Στη γενική της μορφή, η εξίσωση που δίνει τη συνολική επιμήκυνση ενός ευθυγράμμου τμήματος σωλήνα λόγω της θερμικής του διαστολής αλλά και της αξονικής του τάσεως τόσο στην αρχική όσο και στην τελική του κατάσταση, είναι η εξής :

$$\varepsilon = -\frac{\sigma_0}{E_0} + \int_{t_0}^t \alpha(t)dt + \frac{\sigma_t}{E_t}$$

όπου :

$\varepsilon$  : γραμμική επιμήκυνση, διαφορά μεταξύ της αρχικής κατάστασεως στη θερμοκρασία  $t_0$  και της τελικής κατάστασεως στη θερμοκρασία  $t$

$\sigma_0$  : αρχική τάση στη θερμοκρασία  $t_0$  (πρόταση) , bar

$E_0$  : μέτρο ελαστικότητας στη θερμοκρασία  $t_0$  , bar

$\alpha(t)$  : συντελεστής γραμμικής διαστομής (για μηδενική τάση),  
συνάρτηση της θερμοκρασίας ,  $K^{-1}$

$t_0$  : αρχική θερμοκρασία , K

$t$  : τελική θερμοκρασία , K

$\sigma_t$  : τελική τάση στη θερμοκρασία  $t$  , bar

$E_t$  : μέτρο ελαστικότητας στη θερμοκρασία  $t$  , bar

Εάν είναι γνωστή η μέση τιμή του  $\alpha$  μεταξύ των θερμοκρασιών  $t_0$  και  $t$ , τότε το ολοκλήρωμα της εξ. (1) υπολογίζεται ως εξής :

$$\int_{t_0}^t \alpha(t) dt = \bar{\alpha}_t \Delta t$$

Το  $\bar{\alpha}_t$  είναι η μέση τιμή του  $\alpha$  μεταξύ μιας αρχικής θερμοκρασίας  $t_0$ , που καθορίζεται, και της τελικής θερμοκρασίας  $t$ , ενώ το  $\Delta t$  είναι αυτή ακριβώς η θερμοκρασιακή διαφορά :

$$\Delta t = t - t_0$$

Συντελεστής γραμμικής διαστολής και μέτρο **Ελαστικότητας**  
 συναρτήσει της θερμοκρασίας για σιδήνες **από** κοινούς  
 χάλυβες ( $C \leq 0,30\%$ )

| Θερμοκρασία $t$<br>$^{\circ}C$ | Μέση τιμή του $\alpha_t$<br>μεταξύ $20^{\circ}C$ & $t^{\circ}C$<br>$\bar{\alpha}_t, 10^{-6} \cdot K^{-1}$ | Μέτρο<br>'Ελαστικότητας $E_t$<br>$10^6 \cdot kp/cm^2$ |
|--------------------------------|---|---|
| - 100                          | 9,9   | 2,05  |
| 100                            | 11,5  | 2,00  |
| 150                            | 11,9  | 1,93  |
| 200                            | 12,25   | 1,905   |
| 250                            | 12,6  | 1,87  |
| 300                            | 12,95   | 1,825   |
| 350                            | 13,3  | 1,77  |
| 400                            | 13,6  | 1,70  |
| 450                            | 13,9  | 1,50  |
| 500                            | 14,2  |   |
| 550                            | 14,4  |   |

Τιμές του συντελεστή γραμμικής διαστολής για θερμοκρασίες  
 μεταξύ 0 και  $100^{\circ}C$  για διάφορα υλικά.

| 'Υλικό                                   | $\alpha_t, 10^{-6} \cdot K^{-1}$ |
|--|----------------------------------|
| Χυτοσίδηρος                              | 9                                |
| Χρωμιούχοι χάλυβες (12 Cr, 17 Cr, 27 Cr) | 10                               |
| Χαλκός σιδηρών                           | 17                               |
| Όρειχαλκος                               | 18                               |
| Νικελιοῦχος Χαλκός (70-30)               | 15,5                             |
| Άλουμίνιο                                | 24                               |
| Μόλυβδος                                 | 29                               |
| PVC                                      | 80                               |
| Πολυαιθυλαίνιο                           | 20                               |

ΠΙΝΑΚΑΣ 21

Σε μία ευθύγραμμη σωλήνωση η οποία υπόκειται σε μεταβολή θερμοκρασίας, η μεταβολή του μήκους της δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\Delta l = \bar{\alpha}_t \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

όπου:

$l_0$  = είναι το αρχικό μήκος της σωληνώσεως (m).

$\bar{\alpha}_t$  = είναι η μέση τιμή υπολογισμένη για διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta t$ .

$\Delta t$  = είναι η διαφορά θερμοκρασίας:

$$\Delta t = t_1 - t_2$$

$t_1$  = η θερμοκρασία λειτουργίας του σωλήνα που τις πιο πολλές φορές είναι η θερμοκρασία του ρευστού που ρέει μέσα σ' αυτόν.

$t_2$  = είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Οι θερμοκρασίες είναι σε (°C).

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται οι τιμές των ειδικών επιμηκύνσεων  $\epsilon_t = \Delta l / l_0$  για  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ .

|                                   |      |      |       |      |       |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| $\Delta t$ Kelvin                 | 80   | 130  | 180   | 230  | 280   | 330  | 380  | 430  | 480  | 530  |
| $\alpha_t$ $10^{-6}\text{K}^{-1}$ | 11,5 | 11,9 | 12,25 | 12,6 | 12,95 | 13,3 | 13,6 | 13,9 | 14,2 | 14,4 |
| $\epsilon_t$ mm/m                 | 0,92 | 1,55 | 2,2   | 2,9  | 3,6   | 4,4  | 5,2  | 6,0  | 6,8  | 7,6  |

ΠΙΝΑΚΑΣ 22



Εάν τα στηρίγματα των σωληνώσεων είναι σταθερά και δεν επιτρέπουν κίνηση στην σωλήνωση λόγω των γραμμικών διαστολών, δημιουργείται μία τάση:

$$\sigma_t = -\varepsilon_t \cdot E_t = -\frac{\Delta l}{l_0} \cdot E_t = -\bar{\alpha}_t \cdot E_t \cdot \Delta t$$

δηλαδή αναπτύσσεται μία δύναμη

$$F_t = \sigma_t \cdot A$$

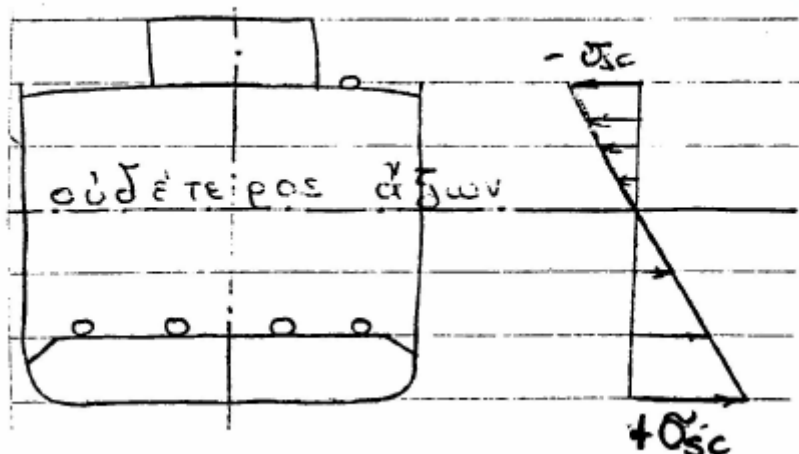
κατά μήκος του σωλήνα ( $A$ = διατομή του σωλήνα σε  $\text{cm}^2$ ) η οποία καταπονήει τον ίδιο τον σωλήνα καθώς και τα μηχανήματα στα οποία ο σωλήνας καταλήγει.

Αυτό ξεπερνιέται κοψιμοποιώντας ελατήρια ή ειδικά εξαρτήματα, τους λεγόμενους αντισταθμιστές, οι οποίοι επιτρέπουν ελευθερία κινήσεως. Τέτοιο εξάρτημα φαίνεται στον πίνακα συμβολισμών (ένας άλλος τύπος είναι και ο  $\Omega$ ).

Οι σωλήνες τοποθετούνται κατά μήκος του σκάφους και απορροφούν τις τάσεις του σκάφους: έτσι οι παραμορφώσεις είναι:

$$\Delta l = \frac{\sigma_{sc} \cdot l}{E_{sc}}$$

όπου: ( $\sigma_{sc}$ ) είναι η τάση λόγω κάμψης του σκάφους, ( $l$ ) το μήκος του σωλήνα μεταξύ σταθερών στηριγμάτων και ( $E_{sc}$ ) είναι το μέτρο ελαστικότητας του σκάφους.



Εάν στο εσωτερικό της σωλήνωσης επικρατεί  $p > p_{\text{ατμ.}}$ , τότε λαμβάνεται υπ όψιν και η αντίστοιχη (πρός αυτήν) τάση, που υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$\sigma_a = \frac{pd^2}{4(d+s)s} \approx \frac{pd}{4s}$$

όπου:

- $p$  = εσωτερική πίεση ( $p > p_{\text{ατμ.}}$ ) ( $\text{kp/cm}^2$ ).
- $d$  = εσωτερική διάμετρος του σωλήνα (mm)
- $s$  = πάχος τοιχώματος του σωλήνα (mm).

Τελικά η συνολική τάση δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$\sigma_g = \sigma_t + \sigma_a + \sigma_{sc}$$

- $\sigma_g$  = συνολική τάση κατά μήκος σωλήνα ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $\sigma_t$  = τάση λόγω θερμικής διαστολής ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $\sigma_a$  = αξονική τάση λόγω εσωτερικής πίεσεως ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $\sigma_{sc}$  = τάση λόγω κάμψεως του σκάφους ( $\text{kg/cm}^2$ )

Η τάση  $\sigma_g$  πρέπει να είναι μικρότερη από την  $\sigma_z$ .

Εάν δεν είναι, πρέπει να τοποθετηθούν αντισταθμιστές διαστολής. Βέβαι δεν είναι απαραίτητο αυτοί, να απορροφούν όλη την  $\sigma_g$ . Είναι δυνατόν μία τάση  $\sigma_{Rest} < \sigma_z$  να παραμείνει στον σωλήνα.

Αλλά τότε πρέπει ο αντισταθμιστής να έχει την δυνατότητα να απορροφήσει την μετακίνηση (διαστολή ή συστολή) η οποία αντιστοιχεί στη τάση:

$$\sigma_{\text{diff.}} = \sigma_g - \sigma_{Rest}$$

Η εσωτερική πίεση που προηγουμένως αναφέρθηκε δημιουργεί στον σωλήνα και εφαπτομενική τάση

$$\sigma_{tg} = \frac{p \cdot d}{2s}$$

η οποία πρέπει να συνδυαστεί με την  $\sigma_g$  εάν είναι σχετικά μεγάλη. Αυτό γίνεται ώστε η αντοχή του σωλήνα να ελεγχθεί σε πολυαξονική καταπόνηση.

## Θερμικές απώλειες και μόνωση σωληνώσεων

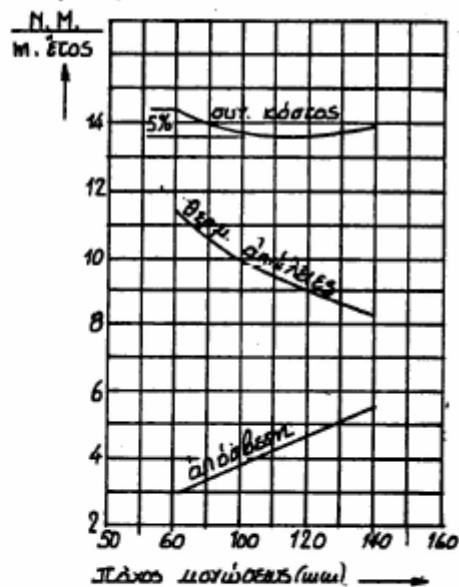
Όταν η θερμοκρασία του ρευστού που κυκλοφορεί μέσα σε σωληνώσεις είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, μεταδίδεται θερμοκρασία από το ρευστό ή προς το ρευστό που ρέει μέσα στις σωληνώσεις. Αυτό είναι ανεπιθύμητο και η μόνωση των σωληνώσεων έχει σκοπό να μειώσει την μετάδοση θερμότητας μεταξύ ρευστού και περιβάλλοντος.

Όταν με την τοποθέτηση μόνωσης έχουμε ενεργειακό κέρδος τότε μπορεί να υπολογισθεί εκείνο το πάχος της μόνωσης που έχει ως αποτέλεσμα να είναι ελάχιστες οι απώλειες θερμότητας και ελάχιστη η απόσβεσή του.

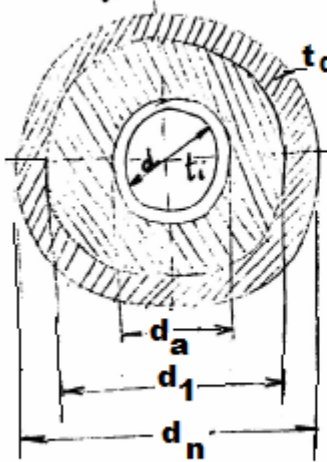
Μπορούμε να δούμε στο επόμενο σχήμα την μεταβολή του κόστους απόσβεσης θερμικών απωλειών του συνολικού, συναμιήσει του πάχους μόνωσης για ένα παράδειγμα όπου η διάρκεια απόσβεσης είναι 5 χρόνια, σε Νομισματικές μονάδες ανά  $m$  σωλήνα και έτος.

Το πάχος μόνωσης μπορεί να προσδιοριστεί και από τα παρακάτω κριτήρια:

1. η απώλεια θερμότητας σε  $W/M$  σωλήνα να είναι μικρότερη από μία προκαθορισμένη τιμή.
2. πτώση θερμοκρασίας μέχρι κάποιο όριο.
3. για θερμοκρασία περιβάλλοντος μέγιστη, η επιφανειακή θερμοκρασία της μόνωσης  $\leq 50^{\circ}C$  ή  $55^{\circ}C$ .
4. ειδικά για ψυκτικές εγκαταστάσεις, η ελάχιστη θερμοκρασία στην επιφάνεια της μόνωσης να είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία δρόσου του ατμοσφαιρικού αέρα ώστε να μην συμπυκνώνονται οι υδρατμοί του αέρα στην επιφάνεια του σωλήνα.



$t_v$  = θερμοκρασία του αέρα γύρω από τη σωλήνωση



$t_o$  = θερμοκρασία εξωτερικής επιφάνειας μόνωσης

Για ένα σωλήνα διαμέτρου  $d$  και εξωτερικής  $d_a$  που έχει γύρω η στρώματα διαφορετικών μονώσεων, ο ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΑΔΛΑΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ δίνεται από την σχέση:

$$K_R^{-1} = \frac{1}{\alpha_i d} + \frac{1}{2\lambda_R} \cdot \ln \frac{d_a}{d} + \frac{1}{2\lambda_{I1}} \ln \frac{d_1}{d_a} + \dots + \frac{1}{2\lambda_{In}} \ln \frac{d_n}{d_{n-1}} + \frac{1}{\alpha_a d_n}$$

$K_R$  = συντελεστής θερμότητας μεταξύ ρευστού μέσα στο σωλήνα και ατμοσφαιρικού αέρα γύρω από τον σωλήνα, ανά τρέχον (m), σωλήνα (W/mK)

$\alpha_i$  = συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μεταξύ ρευστού και εσωτερικής επιφάνειας του σωλήνα (W/m<sup>2</sup>K)

$\alpha_a$  = συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μεταξύ εξωτερικής επιφάνειας της μόνωσης και του ατμοσφαιρικού αέρα γύρω από τον σωλήνα. (W/m<sup>2</sup>K)

$\lambda_R$  = συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας υλικού σωλήνα (W/mK)

$\lambda_{Ii}$  = συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των διαφόρων στρωμάτων της μόνωσης, στη μέση θερμοκρασία του υλικού (W/mK)

$d_i$  = εξωτερική διάμετρος του στρώματος  $i$  της μόνωσης (m)

$d_a$  = εξωτερική διάμετρος του σωλήνα (m)

Όταν μέσα στον σωλήνα το ρευστό είναι υγρό, τότε  $\alpha_i = (1000-5000)$  W/m<sup>2</sup>K οπότε ο όρος  $1/\alpha_i \cdot d$  είναι αμελητέος συγκρινόμενος με τους άλλους, κάτι που συνήθως ισχύει και για τον όρο  $(1/2\lambda_R) \ln(d_a/d)$

Ο συντελεστής  $\alpha_i$  μπορεί να υπολογισθεί:

$$\alpha_i = Nu \cdot \frac{\lambda}{d} \quad \text{όπου} \quad Nu = 0,04 \cdot (Re \cdot Pr)^{3/4}$$

$\mu$  = δυναμικό ιξώδες του ρευστού μέσα στον σωλήνα (N.s/m<sup>2</sup>)

$d$  = διάμετρος εσωτερική του σωλήνα. (m)

$Nu$  = αριθμός NUSSELT       $Re$  = αριθμός REYNOLDS       $Pr$  = αριθμός PRANDTL =  $\mu \cdot c_p / \lambda$

$\lambda$  = συντελεστής αγωγιμότητας του ρευστού μέσα στον σωλήνα (W/mK)

$c_p$  = ειδική θερμότητα του ρευστού μέσα στον σωλήνα (Kj/kgK)

Ο συντελεστής  $\alpha_a$  έχει συνήθως τιμές γύρω στα 10W/m<sup>2</sup>K αλλά μπορεί να υπολογισθεί με ακρίβεια από

$$\alpha_a = 1,535 \cdot (t_o - t_r)^{0,24} + \alpha_s$$

όπου:

$$\alpha_s = 4,622 \times F$$

με:  $\alpha_s$  = προσαύξηση του  $\alpha_a$ , λόγω ακτινοβολίας (W/m<sup>2</sup>K)

$t_o$  = θερμοκρασία της εξωτερικής επιφανείας της μονώσεως (°C)

$t_r$  = θερμοκρασία του αέρα γύρω από τον σωλήνα (°C)

$F$  = δίδεται από τον παρακάτω πίνακα:

| $t_o$ 0°C              | -10   | 0     | 20    | 60    | 100   | 200   | 300   |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t_r=20^\circ\text{C}$ | 0,862 | 0,908 | 1,006 | 1,231 | 1,498 | 2,371 | 3,588 |
| $t_r=40^\circ\text{C}$ | 0,963 | 1,011 | 1,114 | 1,349 | 1,627 | 2,528 | 3,779 |

### ΠΙΝΑΚΑΣ 23

Η απώλεια θερμότητας ανά μονάδα χρόνου και τρέχον μέτρο του σωλήνα, δίδεται από την εξίσωση:

$$Q_R = \pi \cdot K_R \cdot (t_i - t_r)$$

$Q_R$  = μεταδιδόμενη θερμότητα ανά μονάδα χρόνου και μονάδα μήκους του σωλήνα (W/m).

$t_i$  = μέση θερμοκρασία του ρευστού που ρέει μέσα στον σωλήνα (°C).

$t_r$  = θερμοκρασία του αερα γύρω από τον σωλήνα (°C).

Η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφανείας της μονώσεως ( $t_o$ ) δίδεται από την εξίσωση:

$$t_o = t_r + \frac{Q_R}{\pi \cdot \alpha_a \cdot d_n}$$

Εάν υπάρχει μόνο ένα στρώμα μονώσεως (και εάν οι δύο πρώτοι όροι είναι αμελητέοι), τότε ισχύουν:

$$K_R^{-1} = \frac{1}{d_n} \cdot \left( \frac{S_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_a} \right)$$

όπου:

$S_I$  = πάχος της μονώσεως (m) .

$\lambda_I$  = συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της μονώσεως (W/mK) .

$d_n$  = εξωτερική διάμετρος της μόνωσης (m) .

$\alpha_a$  = συντελεστής μεταφοράς θερμότητας εξωτερικής επιφανείας του σωλήνα (W/m<sup>2</sup>K) .

και για το πάχος της μονώσεως:

$$S_I = \frac{\lambda_I}{\alpha_a} \cdot \left( \frac{t_i - t_r}{t_o - t_r} - 1 \right)$$

Χρησιμοποιώντας τον τελευταίο προσεγγιστικό τύπο για τον υπολογισμό του  $S_I$ , πρέπει να ακολουθήσει ο ακριβής υπολογισμός που συνήθως γίνεται καράσσοντας την καμπύλη  $t_o = t_o(S_I)$  στην περιοχή του  $S_I$  που προσεγγιστικά βρέθηκε.

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υλικού του σωλήνα,  $\lambda_k$ , σε W/m K για διάφορες θερμοκρασίες του υλικού :

| Υλικό           | 20 °C | 200 °C | 500 °C |
|-----------------|-------|--------|--------|
| Χάλυβας, 0,2% C | 46,52 | -      | -      |
| St 35-5         | 54,66 | 50,01  | 40,71  |
| 15 Mo 3         | 49,43 | 45,94  | 37,80  |
| Χαλκός          | 372,2 | -      | -      |
| Αλουμίνιο       | 209,3 | -      | -      |

ΠΙΝΑΚΑΣ 24

Μονωτικά υλικά σωληνώσεων

| Υλικό                            | Βάση<br>θερμοκρασία<br>°C | Θερμική<br>αγωγιμότητα<br>λ, W/m K | Πυκνότητα<br>ύλικου<br>ρ, kg/m <sup>3</sup> | Ειδική<br>θερμότητα.<br>c <sub>p</sub> , kJ/kg K |
|----------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---|--|
| Διογκωμένος γυαλός               | 50                        | 0,036                              | 100-110                                     | 1,33   |
| Kowtherm                         | 100                       | 0,056                              | 230-250                                     |  |
|                                  | 200                       | 0,0675                             | "   |  |
|                                  | 300                       | 0,079                              | "   |  |
|                                  | 400                       | 0,093                              | "   |  |
|                                  | 500                       | 0,113                              | "   |  |
| Αμίαντος                         | 0                         | 0,151                              | 580   | 0,84   |
|                                  | 50                        | 0,1745                             | "   | "  |
|                                  | 100                       | 0,198                              | "   | "  |
| Υαλοβάμβακας                     | -50 α                     | 0,028                              | 60-120                                      | 0,84   |
|                                  | 0 α                       | 0,033                              | "   | "  |
|                                  | 100                       | 0,052                              | 120   | "  |
|                                  | 200                       | 0,074                              | "   | "  |
| Σχουνί από υαλοβάμβακα           | 100                       | 0,092                              | 450-500                                     |  |
|                                  | 200                       | 0,113                              | "   |  |
| Ορυκτοβάμβακας                   | -50 α                     | 0,028                              | 60-120                                      | 0,84   |
|                                  | 0 α                       | 0,033                              | "   | "  |
|                                  | 100                       | 0,055                              | 220   | "  |
|                                  | 200                       | 0,071                              | "   | "  |
| Διογκωμένη Πολυστερόνη           | -50 α                     | 0,027                              | 15-30                                       | 1,33   |
|                                  | 0 α                       | 0,031                              | "   | "  |
| Διογκωμένο Πολυουρεθικό<br>υλικό | -50 α                     | 0,021                              | 35  | 1,26   |
|                                  | 0 α                       | 0,027                              | "   | "  |

α = ακριβής θερμοκρασία μετρήσεως ιδιοτήτων

ΠΙΝΑΚΑΣ 25



**Συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W / m K)**  
**σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία**

| t, °C  | 0   | 20     | 40                                | 60        | 80     | 100    | 150    | 200    | 250    | 300           |
|--|---|--------|-----------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| Νερό   | 0,5478  | 0,5873 | 0,6234                            | 0,6548    | 0,6862 | 0,7164 |        |        |        |               |
| Υδατμός  |   |        |                                   |           |        | 0,0234 | 0,0266 | 0,0300 | 0,0333 | <b>0,0364</b> |
| Αέρας -<br>Καυσαέρια   | 0,0236  | 0,0251 | 0,0265                            |           | 0,0293 | 0,0306 |        | 0,0370 |        | <b>0,0496</b> |
| <u>Πυκνότητα και ειδική θερμότητα αέρα &amp; καυσαερίων</u><br><u>συναρτήσεις της θερμοκρασίας</u> |   |        |                                   |           |        |        |        |        |        |               |
| Θερμοκρασία<br>°C  | Πυκνότητα $\rho$ για 1 ατα<br>kg/m <sup>3</sup> |        | Ειδική θερμότητα $c_p$<br>kJ/kg K |           |        |        |        |        |        |               |
|  |   |        | Αέρας                             | Καυσαέρια |        |        |        |        |        |               |
| 0  | 1,251   |        | 1,0090                            | 1,0174    |        |        |        |        |        |               |
| 100  | 0,915   |        | 1,0216                            | 1,0383    |        |        |        |        |        |               |
| 200  | 0,722   |        | 1,0383                            | 1,0593    |        |        |        |        |        |               |
| 300  | 0,596   |        | 1,0551                            | 1,0844    |        |        |        |        |        |               |
| 400  | 0,507   |        | 1,0718                            | 1,1053    |        |        |        |        |        |               |
| 500  | 0,442   |        | 1,0844                            | 1,1304    |        |        |        |        |        |               |
| 600  | 0,392   |        | 1,1011                            | 1,1514    |        |        |        |        |        |               |
| 700  | 0,351   |        | 1,1137                            | 1,1723    |        |        |        |        |        |               |
| 800  | 0,318   |        | 1,1304                            | 1,1932    |        |        |        |        |        |               |
| 900  | 0,291   |        | 1,1472                            | 1,2142    |        |        |        |        |        |               |
| 1000   | 0,268   |        | 1,1639                            | 1,2351    |        |        |        |        |        |               |

**ΠΙΝΑΚΑΣ 26**

ΔΟΚΙΜΕΣ

Για να είναι σίγουρη η ακεραιότητα των κυκλωμάτων και η στεγανότητα, το κράτημα των συνδέσεων, των σωληνώσεων, των βαλβίδων, των αντλιών κ.λ.π., πρέπει αυτά να δοκιμασθούν υδροστατικά ύστερα από εργασίες και πριν από το μοντάρισμα στο πλοίο, σε μία πίεση διπλάσια από την πίεση λειτουργίας εάν η θερμοκρασία λειτουργίας δεν ξεπερνά τους  $350^{\circ}\text{C}$  (εάν  $t_{\text{λειτουργίας}} > 350^{\circ}\text{C}$  τότε η πίεση δοκιμής  $P_{\delta} > 2 \cdot P_{\text{λειτουργίας}}$  ώστε να διατηρείται ένα περιθώριο ασφαλείας στην επιτρεπόμενη τάση η οποία μπορεί να μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία).

Ειδικότερα:

1. Χαλκοσωλήνες.

A) α) τροφοδοτικού νερού, β) ατμού

B) για όλες τις σωληνώσεις με πίεση λειτουργίας

$$P_{\text{λειτουργίας}} > 10,5 \text{kp/cm}^2$$

τότε

$$P_{\text{δοκιμής}} = 2 \cdot P_{\text{λειτουργίας}}$$

2. Χαλυβοσωληνες για  $p > 7 \text{kp/cm}^2$ .

Η πίεση δοκιμής εδώ, δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$P_T = \frac{K \cdot P}{2 \cdot \sigma_z}$$

όπου:

$P_T$  = πίεση δοκιμής

$P$  = πίεση υπολογισμού σε  $\text{kp/cm}^2$

$\sigma_z$  = επιτρεπόμενη τάση για χαλυβοσωλήνες σε  $\text{kp/cm}^2$

$K$  = σταθερά που υπολογίζεται από τους πίνακες 27 και 28

σελ. 92.

Οι τιμές για την επιτρεπόμενη τάση  $\sigma_z$  δίδονται στον ΠΙΝΑΚΑ 29 (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ I) σελίδα 93 και ΠΙΝΑΚΑ 30 (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ II) σελίδα 94.

Μετά το μοντάρισμα στο πλοίο μία ακόμη υδροστατική δοκιμή πρέπει να γίνει στις σωληνώσεις ατμού, τροφοδοτικού νερού λεβήτων, καυσίμου, πεπιεσμένου αέρα και σεντινών. Η πίεση δοκιμής  $P_D$  γενικά είναι διπλάσια της πιέσεως λειτουργίας, με τις ακόλουθες μειώσεις:

- για ατμό σε υψηλές πιέσεις:  $P_D = (1,2-1,5) P_{\text{λειτουργία}}$
- για πεπιεσμένο αέρα  $P_D =$  πίεση ρυθμίσεως της βαλβίδας ασφαλείας
- για σεντίνα σε διπύθμενο ή δεξαμενή  $P_D =$  πίεση πρεσσαρίσματος του διπύθμενου ή δεξαμενής

Φυσικά κατά την διάρκεια των δοκιμών του πλοίου στην θάλασσα, πρέπει να γίνει δοκιμή λειτουργίας των δικτύων.

Υλικά Κατηγορίας I

| Τύπος Χαλύβα  | Όριο διαρροής        |                       | Τάση θραύσεως        |                       | Σταθερά K     |                 |
|---|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|-----------------|
|   | kp / mm <sup>2</sup> | ton / in <sup>2</sup> | kp / mm <sup>2</sup> | ton / in <sup>2</sup> | Μετρικό Σύστ. | Βρετανικό Σύστ. |
| Ανθρακίσιτος  | 21,3                 | (13·5)                | 35-47                | (22·2-29·8)           | 3160          | (45 000)        |
| Ανθρακίσιτος  | 23,2                 | (16·0)                | 42-54                | (26·7-34·3)           | 3790          | (54 000)        |
| 1 Cr - $\frac{1}{2}$ Mo                             | 23,6                 | (15·0)                | 42-63                | (26·7-40·0)           | 3510          | (50 000)        |
| $2\frac{1}{4}$ Cr-1 Mo<br>(Ανθρακίσιτος)            | 23,6                 | (15·0)                | 42-57                | (26·7-36·2)           | 3510          | (50 000)        |
| $2\frac{1}{4}$ Cr-1 Mo<br>ΣΗΜ. 2                    | 25,8                 | (17·0)                | 50-70                | (31·7-44·4)           | 4000          | (57 000)        |
| $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{4}$ V | 30,0                 | (19·0)                | 47-62                | (29·8-39·4)           | 4490          | (64 000)        |

Σημειώσεις: 1. Κατάσταση 'Ανοπήσεως 2. Κατάσταση 'Επαναφορᾶς & Βελτιώσεως

ΠΙΝΑΚΑΣ 27

## Υλικά Κατηγορίας II

| Τύπος Χάλυβα           | Όριο διαρροής      |                        | Τάση θραύσεως      |                        | Σταθερά Κ     |                 |
|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|---------------|-----------------|
|                        | kg/cm <sup>2</sup> | (ton/lc <sup>2</sup> ) | kg/cm <sup>2</sup> | (ton/lc <sup>2</sup> ) | Μετρικό Σύστ. | Βρετανικό Σύστ. |
| Αντρακοῦχος            | 16,5               | (10·5)                 | 33-45              | (21·0-28·0)            | 2600          | (37 000)        |
| Αντρακοῦχος            | 17,8               | (11·3)                 | 35-47              | (22·2-29·8)            | 2670          | (38 000)        |
| Αντρακοῦχος            | 21,5               | (13·7)                 | 42-54              | (26·7-34·3)            | 3230          | (46 000)        |
| 1 Cr-1 Mo              | 22,5               | (14·3)                 | 42-63              | (26·7-40·0)            | 3370          | (48 000)        |
| 2½ Cr-1 Mo<br>(Σημ. 1) | 21,5               | (13·7)                 | 42-57              | (26·7-36·2)            | 3230          | (46 000)        |
| 2½ Cr-1 Mo<br>(Σημ. 2) | 25,0               | (15·9)                 | 50-70              | (31·7-44·4)            | 3720          | (53 000)        |
| 5 Cr-½ Mo-¼ V          | 28,0               | (17·8)                 | 47-62              | (29·8-39·4)            | 4210          | (60 000)        |

Σημειώσεις : 1. Κατάσταση Άνοπτήσεως 2. Κατάσταση Έπιαναφορᾶς & Βελτιώσεως

ΠΙΝΑΚΑΣ 28



| Τύπος<br>Μέλυδα       | "Όριο<br>δυσφορίας<br>κΡ/mm <sup>2</sup> | Τάση<br>Όραση<br>κΡ/mm <sup>2</sup> | Επιτρεπόμενη Τάση κΡ/cm <sup>2</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
|                       |  |                                     | 100°C                                | 150°C | 200°C | 250°C | 300°C | 350°C | 390°C | 430°C | 470°C | 480°C | 490°C | 500°C | 470°C | 480°C | 490°C | 500°C |      |      |      |
| Ανθρακός              | 21,3                                     | 35-47                               | 1165                                 | 1150  | 1125  | 1000  | 920   | 895   | 765   | 750   | 670   | 670   | 590   | 520   | 455   | 405   | 350   | 310   | 275  |      |      |
| Ανθρακός              | 25,2                                     | 42-61                               | 1250                                 | 1240  | 1210  | 1140  | 1005  | 915   | 885   | 780   | 670   | 670   | 590   | 520   | 455   | 405   | 350   | 310   | 275  |      |      |
| 1 Cr-1 Mo             | 23,6                                     | 42-63                               | 1430                                 | 1375  | 1325  | 1180  | 1045  | 945   | 920   | 820   | 925   | 925   | 920   | 915   | 910   | 905   | 900   | 895   | 895  | 850  | 855  |
| 2½ Cr-1 Mo<br>(Σημ.1) | 23,6                                     | 42-67                               | 1245                                 | 1135  | 975   | 945   | 915   | 875   | 850   | 845   | 810   | 810   | 805   | 800   | 805   | 805   | 825   | 820   | 815  | 810  | 820  |
| 2½ Cr-1 Mo<br>(Σημ.2) | 25,8                                     | 60-70                               | 1610                                 | 1595  | 1560  | 1490  | 1440  | 1375  | 1320  | 1305  | 1290  | 1290  | 1280  | 1270  | 1260  | 1250  | 1240  | 1230  | 1215 | 1220 | 1170 |
| 1 Cr-1 Mo-1 V         | 30,0                                     | 47-62                               | 1610                                 | 1595  | 1500  | 1490  | 1440  | 1375  | 1320  | 1305  | 1290  | 1290  | 1280  | 1270  | 1260  | 1250  | 1240  | 1230  | 1215 | 1220 | 1150 |
|                       |  |                                     | 510°C                                | 530°C | 620°C | 640°C | 650°C | 660°C | 570°C | 580°C | 590°C | 590°C | 590°C |       |       |       |       |       |      |      |      |
| Ανθρακός              | 21,3                                     | 35-47                               |                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
| Ανθρακός              | 25,2                                     | 42-54                               |                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
| 1 Cr-1 Mo             | 23,6                                     | 42-63                               | 775                                  | 635   | 500   | 395   | 310   | 255   | 205   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
| 2½ Cr-1 Mo<br>(Σημ.1) | 23,6                                     | 42-67                               | 795                                  | 785   | 720   | 620   | 530   | 455   | 385   | 325   | 275   | 240   |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
| 2½ Cr-1 Mo<br>(Σημ.2) | 26,8                                     | 50-70                               | 915                                  | 825   | 720   | 620   | 530   | 455   | 385   | 325   | 275   | 240   |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
| 1 Cr-1 Mo-1 V         | 30,0                                     | 47-62                               | 1035                                 | 885   | 765   | 635   | 550   | 480   | 410   | 310   |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |

Σημειώσεις :  
 1. Κατάσταση Άνοπής  
 2. Κατάσταση Έκτακτης & Βελτιωμένης

**ΠΙΝΑΚΑΣ 29 (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Ι)**

| Όνομα<br>Χαλύβα      | Μορφή<br>Κρ/mm <sup>2</sup> | Τάση<br>Κρ/mm <sup>2</sup> | Επίπεδο σόβιμ Τάση, Κρ/cm <sup>2</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                      |                             |                            | 100°C                                  | 150°C | 200°C | 250°C | 300°C | 350°C | 400°C | 450°C | 500°C | 550°C | 600°C | 650°C | 700°C | 750°C | 800°C |      |
| Ανθρακώδης           | 16,5                        | 33-45                      | 755                                    | 755   | 730   | 665   | 575   | 465   | 450   | 445   | 445   | 445   | 415   | 405   | 370   | 310   | 275   |      |
| Ανθρακώδης           | 17,8                        | 35-47                      | 850                                    | 800   | 815   | 720   | 635   | 525   | 455   | 515   | 515   | 515   | 515   | 455   | 405   | 350   | 310   | 275  |
| Ανθρακώδης           | 21,5                        | 42-51                      | 1125                                   | 1100  | 1080  | 990   | 885   | 785   | 770   | 770   | 670   | 590   | 520   | 455   | 405   | 310   | 275   | 210  |
| 1 Cr-1 Mo            | 22,5                        | 42-53                      | 1215                                   | 1170  | 1130  | 1010  | 885   | 800   | 765   | 765   | 765   | 765   | 765   | 775   | 770   | 705   | 700   | 700  |
| 2 Cr-1 Mo<br>(Όμ. 1) | 21,5                        | 42-57                      | 1020                                   | 950   | 830   | 800   | 775   | 740   | 720   | 715   | 715   | 715   | 710   | 705   | 700   | 650   | 650   | 650  |
| 2 Cr-1 Mo<br>(Όμ. 2) | 25,0                        | 50-70                      | 1555                                   | 1335  | 1350  | 1270  | 1215  | 1170  | 1105  | 1105  | 1100  | 1090  | 1085  | 1070  | 1070  | 1035  | 1035  | 1035 |
| 1 Cr-1 Mo IV         | 22,0                        | 47-52                      | 1245                                   | 1305  | 1230  | 1270  | 1215  | 1170  | 1105  | 1105  | 1100  | 1090  | 1090  | 1075  | 1075  | 1035  | 1035  | 1035 |
| Ανθρακώδης           | 16,5                        | 33-45                      | 215°C                                  | 240°C | 265°C | 290°C | 315°C | 340°C | 365°C | 390°C | 415°C | 440°C | 465°C | 490°C | 515°C | 540°C |       |      |
| Ανθρακώδης           | 17,8                        | 35-47                      |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| Ανθρακώδης           | 21,5                        | 42-51                      |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| 1 Cr-1 Mo            | 22,5                        | 42-53                      | 750                                    | 635   | 500   | 395   | 310   | 205   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| 2 Cr-1 Mo<br>(Όμ. 1) | 21,5                        | 42-57                      | 650                                    | 575   | 605   | 620   | 530   | 415   | 385   | 325   | 275   |       |       |       |       |       |       |      |
| 2 Cr-1 Mo<br>(Όμ. 2) | 25,0                        | 50-70                      | 945                                    | 825   | 790   | 630   | 530   | 435   | 385   | 320   | 275   | 210   |       |       |       |       |       |      |
| 1 Cr-1 Mo IV         | 22,0                        | 47-52                      | 875                                    | 895   | 755   | 635   | 660   | 460   | 435   | 315   |       |       |       |       |       |       |       |      |

Επισημώσεις :

- Κατάσταση Ανοχής
- Κατάσταση Έκτασης και Βελτίωσης

**ΠΙΝΑΚΑΣ 30 (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ II)**

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ****ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΣΚΑΦΟΥΣ**

|   |    |
|---|----|
| ΓΕΝΙΚΑ .....                              | 3  |
| Βασικές αρχές εγκατάστασης δικτύων .....  | 4  |
| Γραφική παρουσίαση .....                  | 5  |
| Υλικά σωληνώσεων πλοίου .....             | 8  |
| Είδη – ιδιότητες – εφαρμογές .....        | 16 |
| Επιλογή – αποδοχή πλαστικών σωλήνων ..... | 19 |
| Κατασκευή σωλήνων .....                   | 21 |

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΛΟΙΟΥ**

|  |    |
|--|----|
| Δίκτυο κύτους .....  | 22 |
| Δίκτυο έρματος .....   | 26 |
| Δίκτυο πυρόσβεσης .....                                      | 28 |
| Δίκτυο πεπιεσμένου αέρα .....                                | 32 |
| Δίκτυο καυσίμου .....  | 34 |
| Δίκτυο ποσίμου - λάτρας – υγιεινής .....                     | 37 |
| Δεξαμενές ποσίμου .....                                      | 42 |
| Απολύμανση ποσίμου νερού .....                               | 45 |
| Μέθοδος αντίστροφης ώσμωσης .....                            | 47 |
| Δίκτυο ελαίου λιπάνσεως .....                                | 51 |
| Σωλήνες : εξαεριστικοί - υπερπλήρωσης – καταμετρητικοί ..... | 54 |

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΜΕΛΕΤΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ**

|   |    |
|---|----|
| Υπολογισμός απωλειών πίεσης .....                                     | 56 |
| Διάγραμμα MOODY .....   | 70 |
| Συνεργασία αντλίας – δικτύου .....                                    | 72 |
| Μέσες τιμές συντελεστή πρόσθετων απωλειών σε κιβώτια επιστομίων ..... | 74 |
| Τοπικές αντιστάσεις .....   | 77 |

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΤΑΣΕΙΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ**

|  |    |
|--|----|
| Τάσεις – θερμική διαστολή – ευλυγισία σωληνώσεων ..... | 78 |
| Θερμικές απώλειες – μόνωση σωληνώσεων .....            | 85 |
| Μονωτικά υλικά σωληνώσεων .....                        | 89 |
| Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας .....                | 90 |
| Δοκιμές .....  | 91 |
| Περιεχόμενα .....                                      | 95 |
| Βιβλιογραφία .....                                     | 96 |



## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. **TECNOLOGIA DELLA NAVE (ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΟΙΟΥ), GENOVA 1976**
2. **ALLESTIMENTO NAVALE (ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΛΟΙΟΥ), GENOVA 1998**
3. **Κανονισμοί κατασκευής πλοίου, A.B.S. (Αμερικάνικος Νηογνώμων)**
4. **Κανονισμοί κατασκευής πλοίου, E.N. (Ελληνικός Νηογνώμων)**
5. **SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION, S.N.A.M.E.**
6. **MARINE ENGINEERING, S.N.A.M.E.**
7. **ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ, Β. Ε. Φραγκούλη, 1966**
8. **Σημειώσεις Ναυτικής Μηχανολογίας, ΕΜΠ 1980**
9. **Κανονισμοί κατασκευής πλοίου, Lloyd's, 2016**